

O PROJETO SIRIUS E AS ENCOMENDAS TECNOLÓGICAS PARA A CONSTRUÇÃO DA NOVA FONTE DE LUZ SÍNCROTRON BRASILEIRA¹

Cristiane Vianna Rauen²

1 INTRODUÇÃO

Pertencente à constelação do Cão Maior, a estrela Sirius é a mais brilhante que se pode observar no céu a partir de ambos os hemisférios da Terra. Ela está localizada a uma distância de cerca de 8,6 anos-luz do nosso planeta, o que a torna uma das estrelas mais próximas de nós. Ela é vinte vezes mais brilhante que o Sol e duas vezes mais massiva que ele. Por suas características, ela foi a inspiração para o nome dado ao maior projeto de infraestrutura científica brasileiro: o projeto Sirius.

Coordenado pelo Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), organização social qualificada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), o projeto Sirius engloba o processo de construção da infraestrutura do novo acelerador de partículas brasileiro e o desenvolvimento de todas as tecnologias que o compõem. O Sirius será um dos mais novos anéis de luz síncrotron de quarta geração do planeta³ e terá energia duas vezes maior e uma emitância⁴ aproximadamente 360 vezes menor que a do atual anel em funcionamento, o UVX, localizado no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS/CNPEM). De acordo com CNPEM (2014a), tais características farão do Sirius a principal e mais potente infraestrutura de pesquisa em análise de materiais do mundo.

1. A autora agradece pelas informações compartilhadas durante as entrevistas, que foram fundamentais à execução deste trabalho, e reforça que a análise e as opiniões aqui expressas são de sua inteira responsabilidade. Cordiais agradecimentos aos senhores Antônio José Roque da Silva, diretor do LNLS; Carlos Henrique de Brito Cruz, diretor científico da Fapesp; José Antônio Calzavara Lemos, coordenador de inovação do LNLS; Fernando Cardoso Garcia, diretor da Unidade Motores da WEG; Eduardo Constantino Ramos, coordenador do projeto Sirius na WEG; ao André Rauen e à Flávia Squeff, pela cuidadosa revisão de texto e comentários, e ao Renan Picoreti, pelo compartilhamento de imagens e ilustrações.

2. Doutora em economia. Tecnologista do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC).

3. Outro projeto semelhante ao Sirius é o MAX IV, conduzido pelo Laboratório Nacional da Suécia, o MAX-Lab, da Lund University. O MAX IV será um anel de luz síncrotron de quarta geração que, de acordo com informações do *site* oficial, também está em fase de construção, com previsão para sua conclusão em 2016. Disponível em: <goo.gl/lEr3og>.

4. A emitância diz respeito ao tamanho e à divergência angular do feixe de elétrons, assim, quanto menor a emitância, maior a capacidade de focalização do mesmo (CNPEM, 2014a). Trata-se, portanto, do parâmetro que define a qualidade dos aceleradores de partículas, uma vez que determina a potência de seu brilho.

Tamanha dimensão conferiu à execução do projeto grandes desafios, partindo-se da definição de suas características, passando pelo processo de construção da edificação onde o acelerador será instalado até a contratação do desenvolvimento das tecnologias componentes dos anéis aceleradores e das linhas de luz. Tendo em vista o caráter inédito da obra, a maior parte das tecnologias componentes do Sirius teve de ser desenvolvida a partir do zero, o que demandou a contratação, pelo CNPEM, de atividades de pesquisa e desenvolvimento.

Diferentemente dos outros casos apresentados neste livro sobre políticas de inovação pelo lado da demanda conduzidas por órgãos públicos, a análise da gestão do processo de encomendas tecnológicas para a construção do Sirius possui um componente de singularidade relacionado ao perfil da organização contratante. Como organização social, o CNPEM é uma instituição privada sem fins lucrativos, cujo orçamento advém do contrato de gestão (MCTI, 2010) firmado com órgão público (nesse caso, o atual MCTIC). Diante disso, conforme estabelecido na Lei nº 9.637/1998 (Brasil, 1998), é previsto que organizações sociais conduzam seus processos de encomendas tecnológicas baseando-se em “regulamento próprio contendo os procedimentos que adotará para a contratação de obras e serviços, bem como para compras com emprego de recursos provenientes do Poder Público” (Artigo 17). Ou seja, em que pese a execução ser realizada por uma entidade privada, trata-se de um caso especial de compra com recursos públicos operacionalizada por um ente com maior flexibilidade de aquisição, a OS. Por esses motivos, aqui se considera que tal experiência se insere enquanto uma encomenda tecnológica nos moldes das definições apresentadas no capítulo 3.

Considerando-se que, de modo geral, a realização de encomendas tecnológicas pelo Estado é um recurso ainda pouco explorado, permeado por dificuldades e muitas incertezas, os procedimentos levados a cabo pelo CNPEM para as contratações realizadas no âmbito do projeto Sirius podem ser considerados importantes casos da implementação da política de inovação pelo lado da demanda no Brasil, que, certamente, se tornarão referência para futuras encomendas tecnológicas no país.

Diante disso, este capítulo tem como objetivo apresentar o processo de contratação da pesquisa para o desenvolvimento e posterior aquisição das novas tecnologias para a construção do acelerador Sirius, analisando seus desafios, estratégias e especificidades, bem como seus impactos sobre as empresas contratadas e a gestão pública de encomendas tecnológicas no Brasil. Para tanto, o capítulo está dividido em seis seções, contando com esta introdução. A segunda seção apresenta as estratégias metodológicas do estudo. A terceira seção introduz a tecnologia de luz síncrotron, suas aplicações científicas e tecnológicas e a atual infraestrutura brasileira, o UVX, do LNLS. A quarta seção apresenta o projeto Sirius, as etapas para sua definição, suas características e desafios tecnológicos. A quinta seção apresenta e analisa o processo da realização das três principais encomendas tecnológicas do Sirius: as obras civis, a rede magnética e as demais tecnologias componentes dos anéis aceleradores e das linhas de luz. Finalmente a última seção apresenta as conclusões.

2 ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS

Com vistas a apresentar e a analisar o processo de contratação das tecnologias para a construção do novo acelerador de partículas brasileiro, Sirius, este estudo baseou-se em um estudo de caso, que contou com entrevistas com gestores do projeto e da empresa contratada, em visitas a instituições selecionadas, na revisão da literatura sobre o tema e em documentos oficiais e matérias relacionadas ao projeto.

O recorte metodológico desta análise estabelece-se com base em três principais encomendas globais realizadas pelo CNPEM: *i*) a construção da edificação; *ii*) o desenvolvimento dos ímãs que compõem os anéis aceleradores; e *iii*) o desenvolvimento das demais tecnologias componentes dos aceleradores e das linhas de luz. As duas primeiras contratações globais do projeto foram realizadas por meio de encomendas diretas pelo CNPEM e a terceira, por meio de edital conjunto de seleção pública Fapesp/Finep.

Entre os anos de 2015 e 2016, foram realizadas ao todo quatro entrevistas. Com vistas a obter informações sob a perspectiva da parte contratante, foram entrevistados o diretor e o coordenador de inovação do LNLS – gestores do CNPEM envolvidos no processo de definição do projeto, na contratação de empresas fornecedoras e no acompanhamento das entregas, bem como o diretor científico da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), envolvido na elaboração dos editais de contratação das demais tecnologias dos aceleradores e linhas de luz. Além desses, sob a perspectiva da parte contratada, foram entrevistados o diretor da WEG Unidade Motores e o coordenador do projeto Sirius na WEG, representantes dessa empresa que foi contratada para o desenvolvimento e a produção das tecnologias consideradas chave no projeto: os ímãs que compõem os anéis aceleradores.

Além do fornecimento de dados e informações sobre o projeto e os processos de contratação, com base nas entrevistas foi possível identificar as principais impressões dos atores sobre o projeto e os impactos em suas respectivas instituições, na dinâmica da indústria nacional e nas dificuldades e nos futuros processos de contratações públicas no país.

Foram também realizadas visitas aos *campi* fabris da WEG, em Jaraguá do Sul/SC, onde está instalada a unidade dedicada ao desenvolvimento e à produção dos ímãs, bem como ao LNLS, onde está localizado o atual síncrotron UVX. Na visita à empresa, foi possível conhecer as instalações de produção do projeto Sirius na WEG, seus equipamentos de precisão, seu processo produtivo, a equipe envolvida, bem como alguns dos ímãs contratados que seriam encaminhados ao LNLS para a etapa de testes. Na visita ao UVX no LNLS, foi possível conhecer o atual síncrotron em funcionamento, sua infraestrutura e funcionalidades, os profissionais envolvidos nas atividades do laboratório, as instalações de armazenamento dos ímãs fornecidos pela empresa WEG para testes, além da área da futura instalação do Sirius.

Conforme mencionado, além das informações coletadas por meio das entrevistas e visitas às instituições, cabem destacar outras consultas que forneceram importantes dados e informações para a conclusão deste estudo. Entre esses, destacam-se documentos oficiais e matérias jornalísticas fornecidos pelo CNPEM em sua página na internet, como o projeto executivo do Sirius, as políticas de compras e de inovação dessa instituição e a entrevista com o coordenador do CNPEM, responsável pela obra civil; as informações e dados fornecidos por Fapesp/Finep em suas páginas na internet sobre a chamada pública do projeto Sirius; e as principais legislações sobre o tema, como a lei das organizações sociais e regramentos sobre compras públicas nacionais, cujas referências encontram-se ao final do capítulo.

Dando seguimento à apresentação das estratégias metodológicas da pesquisa, a próxima seção deste capítulo dedica-se à introdução das características gerais de uma infraestrutura de luz síncrotron e suas aplicações à pesquisa científica, bem como à apresentação da infraestrutura nacional atualmente em operação, o acelerador UVX do LNLS.

3 A INFRAESTRUTURA BRASILEIRA DE PESQUISA DE LUZ SÍNCROTRON

Um anel de luz síncrotron pode ser caracterizado como um super microscópio capaz de prover informações em escala molecular e atômica sobre a estrutura interna de materiais orgânicos e inorgânicos. A partir dessa fonte de luz, é possível visualizar a estrutura da matéria e compreender, em frações de segundo, seu comportamento sob diferentes condições de temperatura, tensão e pressão.

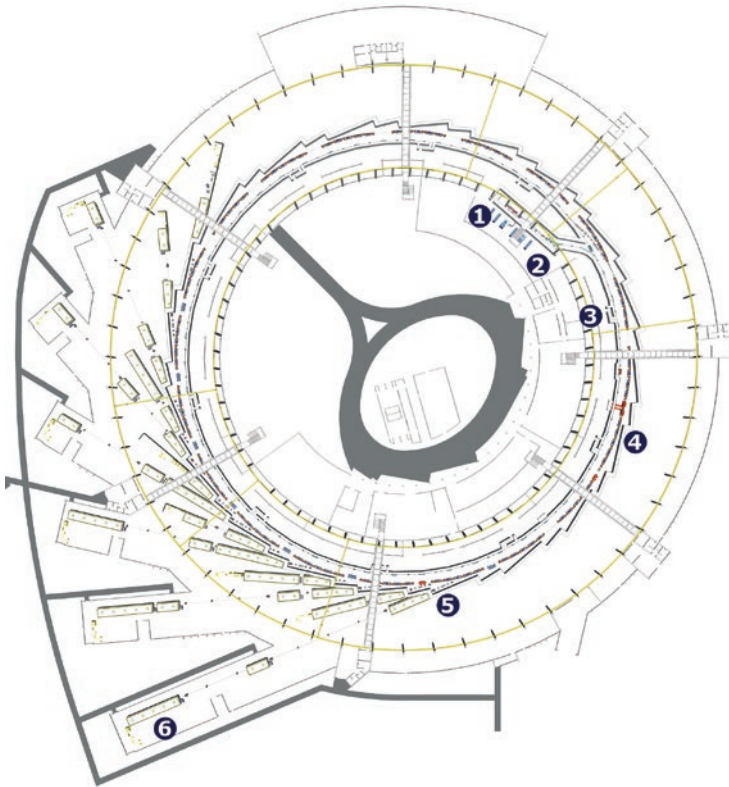
Atualmente, as fontes de luz síncrotron são consideradas a melhor ferramenta já criada pela ciência com a finalidade de compreender as propriedades fundamentais dos materiais, uma vez que permitem a obtenção de informações *in situ* e em função do tempo (CNPEM, 2014a). Dessa forma, ao contrário da análise proporcionada por um microscópio comum, por meio da luz fornecida por um acelerador de partículas, é possível analisar a reação dos materiais em tempo real durante os experimentos. De acordo com CNPEM (2014a, p. 9),

Luz síncrotron é um tipo de radiação eletromagnética que permite a observação da estrutura interna dos materiais. Ela é emitida por elétrons em velocidade próxima à da luz quando sua trajetória é desviada por um campo magnético. Essa emissão ocorre em um amplo espectro, que compreende desde o infravermelho até os raios X.

A infraestrutura de geração da luz síncrotron está baseada nas seguintes partes componentes do anel de aceleração, conforme numeração destacada na figura 1: *i) canhão de elétrons*, a partir do qual o feixe de elétrons é emitido e começa a ser acelerado por campos eletrostáticos (formados a partir de ímãs) para, em seguida, ser injetado no Linac; *ii) Linac*: constitui-se no acelerador linear a partir de onde o feixe de elétrons, proveniente do canhão, começa a ser acelerado até uma velocidade próxima à velocidade da luz; *iii) Booster*: constitui-se em um acelerador circular cuja função é aumentar a energia do feixe de elétrons proveniente do Linac até a energia de operação programada para a fonte de luz; *iv) anel de armazenamento*: também conhecido como anel

principal, cuja função é forçar a curvatura da trajetória do feixe de elétrons, a partir de campos magnéticos, levando-os a produzir a chamada luz síncrotron; *v) luz síncrotron*: constitui-se em um tipo de radiação de amplo espectro e alto brilho que é produzida quando os elétrons com alta energia e em alta velocidade têm sua trajetória desviada pelos campos magnéticos do anel de armazenamento; *vi) linhas de luz*: nome dado aos locais para onde o feixe de luz síncrotron é conduzido até as amostras para análise do material. As linhas de luz são compostas por quatro estruturas principais: a fonte de radiação, o *front-end*, a cabana ótica e a estação experimental (também conhecida como cabana experimental),⁵ em que as amostras são efetivamente analisadas (figura 2).

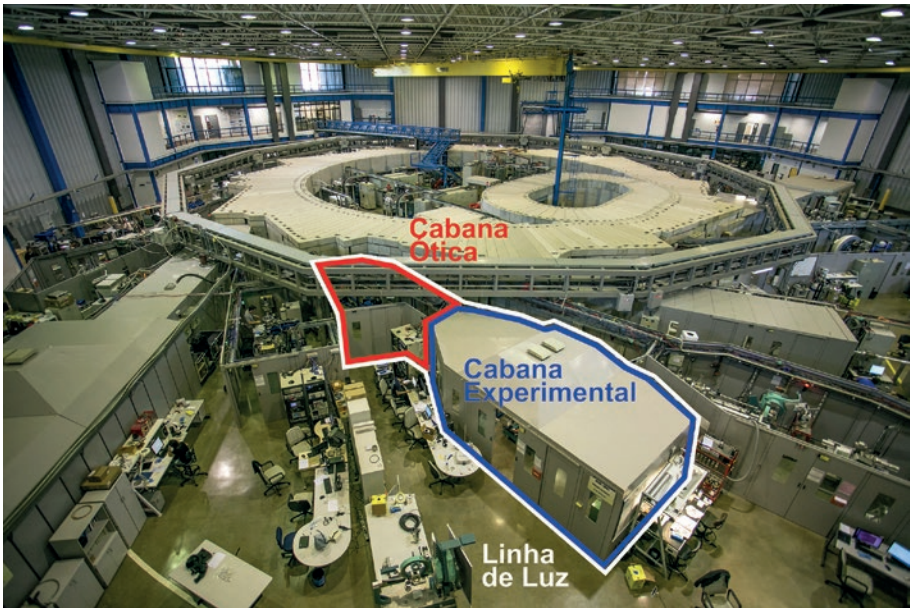
FIGURA 1
Estrutura de uma fonte de luz síncrotron



Fonte: Imagem concedida pelo CNPEM.

5. As estações experimentais do anel de luz síncrotron são os locais para onde a radiação magnética é constantemente direcionada e coletada para observação dos pesquisadores. Trata-se do local onde, após a seleção do comprimento de onda (infravermelha, ultravioleta ou raios X), a radiação produzida pelos aceleradores passa através das amostras de pesquisa, possibilitando a realização de medições experimentais em diferentes unidades, ou cabanas. As cabanas têm como objetivo garantir a segurança do trabalho dos pesquisadores e prover estabilidade aos componentes da linha de luz. Quanto mais estações experimentais um anel de luz síncrotron tiver, maior será o ganho de escala do investimento nesse tipo de infraestrutura, pois maior será o número de experimentos possíveis de serem realizados simultaneamente (CNPEM, 2014a).

FIGURA 2
Composição de uma linha de luz



Fonte: Imagem concedida pelo CNPEM.

Considerada o tipo de infraestrutura de pesquisa experimental mais sofisticada e de maior impacto da atualidade, a aplicação da informação disponibilizada por fontes de luz síncrotron é multidisciplinar, podendo levar à solução de problemas estratégicos que exigem desenvolvimentos científicos e tecnológicos cada vez mais sofisticados, como o de materiais mais leves e resistentes, melhores fármacos, equipamentos de iluminação mais eficientes e econômicos, fontes de energia renováveis ou equipamentos menos poluentes entre outros (CNPEM, 2014a). Esses são alguns dos exemplos de tecnologias que podem ser desenvolvidas com base na pesquisa em nível atômico de materiais baseada em luz síncrotron, que exige esforços e trabalhos conjuntos de pesquisadores atuantes nas mais diversas áreas do conhecimento, como físicos, químicos, biólogos, profissionais da saúde e das engenharias.

De acordo com CNPEM (2014a), atualmente existem 29 anéis de luz síncrotron de 2ª geração e 14 anéis de luz síncrotron de 3ª geração em operação em todo o mundo. Entre os anéis de 3ª geração operantes, quatro deles encontram-se na América do Norte, sete, na Europa, dois, na Ásia, e um, na Oceania. Além disso, há sete anéis de 3ª geração e dois anéis de 4ª geração em construção, entre os quais um deles é o Sirius, que está sendo construído no Brasil, e outro, o MAX-IV, na Suécia (figura 3).

FIGURA 3
Anéis de luz síncrotron no mundo



Fonte: Imagem concedida pelo CNPEM.

O Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) constitui-se na primeira infraestrutura de luz síncrotron do Hemisfério Sul. Projetado e construído durante as décadas de 1980 e 1990 e inaugurado em 1997, o LNLS possui um anel de luz síncrotron de segunda geração, chamado UVX, e 18 linhas de luz, totalmente desenvolvidos no Brasil, que cobrem técnicas de análise experimental com base em radiação infravermelha, ultravioleta e raios X.

O LNLS é uma infraestrutura laboratorial multiusuário que opera de forma aberta e atende às necessidades de pesquisa da comunidade acadêmica e dos setores vinculados à agricultura, indústria e serviços realizando análises de materiais a partir da luz síncrotron. Em 2015, foram utilizadas cerca de 65 mil horas das instalações do LNLS em atendimento às demandas de pesquisadores e empresas (CNPEM, 2015). De acordo com entrevista realizada com o coordenador de inovação do LNLS, o acesso ao atual síncrotron é a principal modalidade de apoio a empresas realizado pelo CNPEM.⁶ As principais empresas usuárias são Vale, Braskem, Petrobras e Oxiteno, que, em geral, realizam seus testes alugando, por períodos fracionados, o uso das estações experimentais ou contratando laudos de análises técnicas de consultores do próprio LNLS, visando, principalmente, à caracterização e à análise de resistência de materiais.

6. Além do LNLS, o CNPEM conta com outros três laboratórios nacionais: o Laboratório Nacional de Biociências (LNBio), que desenvolve pesquisas em biotecnologia e fármacos; o Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia de Bioetanol (CTBE), que investiga novas tecnologias para a produção de etanol celulósico; e o Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano), que realiza pesquisas com materiais avançados, sendo esse um *spin-off* do LNLS.

Apesar de grandes e importantes empresas nacionais utilizarem a atual infraestrutura síncrotron como base para o desenvolvimento de seus produtos, de acordo com o coordenador de inovação do LNLS, o principal usuário dessa infraestrutura é a comunidade acadêmica, em sua maioria estudantes e pesquisadores, muitos deles provenientes de convênios firmados com instituições internacionais. Como contrapartida ao acesso às instalações do LNLS por usuários de empresas, em geral, é cobrada uma taxa por hora de utilização. No caso do acesso de pesquisadores e estudantes, tal taxa não é requerida e, em seu lugar sugere-se como contrapartida, caso haja publicações oriundas das pesquisas realizadas com base nas análises provenientes do acesso, que o LNLS seja citado ou mencionado em seção de agradecimentos. Somente em 2015, 175 artigos indexados na base *Web of Science* de usuários externos fizeram menção ao LNLS, sendo que mais de 50% desses artigos foram publicados em revistas com Fator de Impacto entre 2 e 4, medido pelo *Institute for Scientific Information* (ISI) (CNPEM, 2015).

Apesar de sua estabilidade e alta confiabilidade, o atual anel de luz síncrotron UVX do LNLS encontra-se no limite de sua capacidade de utilização. De acordo com entrevistados do CNPEM, as dezoito estações de trabalho disponíveis já não são suficientes para atender à demanda existente e os parâmetros técnicos do acelerador, baseados em fontes de luz de 2ª geração, já não permitem a realização de experimentos avançados.

De fato, o brilho de um síncrotron é a característica fundamental que determina a qualidade da análise de materiais. De acordo com CNPEM (2014a), a intensidade de iluminação oferecida pela luz síncrotron é proporcional à área da região iluminada e ao brilho da fonte. Por isso, para reduzir a área iluminada, a fim de visualizar detalhes mais precisos da amostra de material, é necessário um alto brilho. Dessa forma, a baixa energia do UVX tem se configurado em um limitante à penetração da luz síncrotron em determinados tipos de materiais, tornando o atual síncrotron brasileiro obsoleto e, portanto, menos competitivo *vis-à-vis* fontes de luz de 3ª e 4ª geração, por exemplo.

Assim, com o intuito de manter a infraestrutura de pesquisa baseada em luz síncrotron no Brasil competitiva internacionalmente e capaz de atender às atuais demandas em pesquisa de fronteira, o LNLS dedicou-se ao estabelecimento de um projeto voltado à construção de uma nova fonte de luz no Brasil, o projeto Sirius, que será apresentado na próxima seção deste capítulo.

4 O PROJETO SIRIUS

O projeto Sirius tem como objetivo a construção da nova fonte de luz síncrotron de quarta geração no Brasil. Essa obra de engenharia científica contempla a construção de três anéis aceleradores – Linac, Booster e anel principal de armazenamento, de até 40 linhas de luz, e das obras civis, incluindo o edifício onde o Sirius será instalado (CNPEM, 2014a).

De acordo com entrevistados do CNPEM, as discussões em torno da necessidade da construção de um novo anel acelerador no Brasil iniciaram-se em 2003, a partir do já mencionado reconhecimento de técnicos e usuários de que o atual anel estava próximo de sua capacidade máxima de utilização e de que já havia outras infraestruturas mais modernas e potentes em outras partes no mundo. Tal recomendação passou a constar no plano diretor 2006-2009 do instituto ABTLuS (antigo nome dado ao CNPEM) (ABTLuS, 2006) e a primeira proposta conceitual da nova estrutura foi entregue ao MCTIC em 2008, que autorizou a continuidade dos estudos.

De acordo com CNPEM (2014a), com base nessa sinalização positiva, a equipe técnica do CNPEM deu início a rodadas de consultas a pesquisadores e usuários e passou a realizar diversos *workshops* nacionais e internacionais visando definir os padrões e a estrutura técnica do novo anel acelerador. Em 2010, uma versão do projeto foi apresentada pela primeira vez com o nome “Sirius” em uma conferência internacional sobre o tema. No ano seguinte, o CNPEM estabeleceu um comitê científico internacional, denominado *Machine Advisory Committee* – MAC,⁷ responsável por acompanhar e avaliar o andamento do projeto. Ainda nesse mesmo ano, o Sirius foi alçado à categoria de projeto de governo, tendo sido incorporado ao Plano Plurianual 2012-2015 do governo federal (Brasil, 2012) para, no ano seguinte, ser incluído na Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação – 2012-2015, do MCTIC (MCTI, 2012).

Finalmente, em 2012, a primeira versão completa do projeto executivo do Sirius foi concluída pela equipe do MAC. Nessa versão, os representantes do comitê e a equipe do LNS identificaram a possibilidade de reconfigurar a estrutura da rede magnética do projeto original, reduzindo sua emitância de 1,7 para 0,28 nm.rad. Com base nisso, originalmente classificado como anel de 3ª geração, o Sirius passou a se constituir em um dos mais modernos projetos de construção de um acelerador de partículas de 4ª geração do mundo.

A possibilidade de aumentar a capacidade energética a partir da reconfiguração do projeto original buscou conferir maior potência ao novo anel acelerador e, como consequência, melhores resultados em termos de pesquisa científica. De acordo com CNPEM (2014^a, p. 17),

No síncrotron atualmente em operação, a energia do feixe de luz permite analisar apenas a camada superficial de materiais duros e densos, já que os raios X produzidos nessa fonte penetram esses materiais com profundidade de somente alguns micrômetros. Já a alta energia do Sirius permitirá que esses mesmos materiais sejam analisados em profundidade de até alguns centímetros.

7. De acordo com CNPEM (2014a), os representantes do MAC são: Helmut Wiedemann (Stanford, EUA), Zhao Zhentang (SSRF-SINAP, Shanghai, China), Mikael Eriksson (MAX-IV, Suécia), Leonid Rivkin (PSI/SLS, Suíça), Albin Wrulich (PSI/SLS, Suíça), Robert Hettel (SSRL-SLAC, EUA) e Nelson Velho de Castro (IF-UFRJ, Brasil).

De fato, com base nas especificações técnicas do novo projeto, o Sirius estará projetado para ter o maior brilho entre todos os equipamentos na sua classe de energia, dos quais se destacam o síncrotron Soleil, na França, e o Diamond, na Inglaterra (CNPEM, 2014a). A partir dele, será possível reduzir o tempo de aquisição de dados em experimentos e aumentar a precisão dos resultados das medidas obtidas, o que contribuirá para uma melhora qualitativa nas pesquisas já realizadas no Brasil, além de permitir a realização de outras que não poderiam ser feitas com base na estrutura de brilho e energia atual. De fato, tendo em vista que as fontes de luz do novo síncrotron serão bastante diversificadas, suas linhas de luz poderão cobrir desde o infravermelho (em energias da ordem de 1 meV) até raios X duros (alcançando energias de 100 keV) (CNPEM, 2014a).

Por sua vez, a reconfiguração no projeto original trouxe a necessidade de alterações tanto nos componentes da fonte de luz e nas estações experimentais quanto nos padrões da obra civil. Com relação a esse último ponto, a equipe técnica do LNLS contou com a consultoria da empresa brasileira Engineering, que, conforme será analisado na quarta seção deste capítulo, visitou vários laboratórios no exterior e interagiu com especialistas envolvidos na construção de infraestruturas desse tipo para definir o projeto executivo da construção civil do Sirius.

Com base nas recomendações do MAC, em 2012, o projeto executivo do Sirius foi concluído. Seu orçamento foi estabelecido em R\$ 1,3 bilhão, com data prevista para término do cronograma de atividades em 2020, conforme apresentado na tabela 1. O escopo do projeto foi dividido em três partes principais de execução: *i*) a fonte de luz síncrotron (aceleradores), composta por um acelerador linear (*Linac*), um anel intermediário (*Booster*), linhas de transporte de elétrons e um anel principal de armazenamento; *ii*) as linhas de luz, incluindo suas respectivas estações experimentais, que englobam todo o conjunto de instrumentação científica para uso dos pesquisadores; e *iii*) obras civis (edificação e infraestrutura).

TABELA 1
Orçamento total estimado para o Projeto Sirius
(R\$ milhões)

Item	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Obras civis	2,4	10,4	75,9	159,2	206,2	206,8	8,7	0,0	0,0	670
Estações experimentais	4,5	1,2	8,1	26,0	21,3	51,9	68,0	34,4	4,5	220
Fonte de luz síncrotron	0,9	7,3	22,7	93,6	70,1	28,9	0,0	4,3	0,0	228
Gestão e infraestrutura	4,1	6,3	13,2	14,9	6,1	10,3	13,2	14,1	11,9	94
Recursos humanos	1,1	4,3	11,9	10,0	11,0	12,6	14,0	15,8	7,8	88
Total	13	29,5	131,8	303,7	314,7	310,5	103,9	68,6	24,2	1.300

Fonte: CNPEM (2014a).

No que diz respeito ao RH envolvido, grande parte da equipe do CNPEM que ficou responsável pela execução do projeto Sirius teve participação na construção do atual anel em funcionamento. Ela foi dividida de acordo com as principais atribuições relacionadas à construção da obra e distribuída, portanto, em três divisões dentro do organograma do LNLS: *i*) Divisão de Aceleradores; *ii*) Divisão Científica; e *iii*) Divisão de Engenharia.

Para a instalação do novo anel, foi concedida, em 2013, pelo governo do Estado de São Paulo, uma área de 150 mil m² localizada no Polo II de Alta Tecnologia de Campinas. A estrutura principal da obra, constituída pelo conjunto de aceleradores de elétrons de 518,4 m de circunferência e a instalação prevista para até quarenta estações experimentais, ocupará uma área total de 68 mil m². Dentro do orçamento inicial do projeto, está prevista a construção das treze primeiras linhas de luz, sete delas programadas para obter padrões de brilho uma ou duas vezes maiores que os síncrotrons mais modernos em operação no mundo.

Após a conclusão do projeto executivo deu-se início às etapas de identificação das tecnologias e mapeamento das potenciais empresas fornecedoras e a subsequente contratação delas. Conforme informações dos entrevistados, durante todo o processo de definição do projeto Sirius, houve intensa interação entre as equipes técnicas do LNLS, responsáveis pelas especificações dos subsistemas do projeto: anéis aceleradores, linhas de luz e obra civil; e entre essas equipes e a comunidade acadêmica, os usuários e as potenciais empresas desenvolvedoras das tecnologias demandadas. Na relação entre o LNLS e a indústria, importante papel foi dado à equipe de intermediadores – espécie de *Industrial Liaison Officers* (ILO),⁸ muito comuns no sistema de inovação norte-americano – responsáveis por realizar a “tradução” para potenciais empresas fornecedoras das demandas técnicas expressas pelo laboratório, conforme destacado pelo diretor científico da Fapesp em entrevista realizada.

BOX 1

Projeto Sirius em números

Energia dos elétrons:	3 GeV
Circunferência do anel:	518,4 m
Diâmetro do anel:	165 m
Número de linhas de luz:	Até 40
Emitância:	0,28 nm.rad
Área do prédio:	68 mil m ²

(Continua)

8. Os termos “*Industry/Innovation Director*”, “*Industrial Collaboration*” e “*Innovation Ecosystem Director*” também tendem a ser utilizados pelas agências americanas para descrever a função exercida pelo colaborador responsável pela identificação e contatos com a indústria.

(Continuação)

Magnetos:	Mais de 1.350
Radiofrequência:	Cavidades supercondutoras, mais de 500 kW em 500 MHz
Vácuo:	Mais de 1 km de câmaras de vácuo e mais de 1.300 componentes
Sistema de controle:	8 mil pontos de controle e mais de 400 computadores
Túnel:	Mais de 500 m com temperatura controlada em +/- 0,1°C
Linac:	Quatro estruturas aceleradoras, 90 MW pulsados em 3 GHz
Sincronismo:	Cerca de 800 sinais distribuídos
Diagnóstico:	Mais de 250 monitores de posição
Proteção radiológica:	1 km de blindagem de concreto com 0,8 a 1,5 m de espessura e 3 m de altura
Intertravamento:	4 mil pontos de monitoramento
Fontes de corrente:	Cerca de 900 fontes e mais de 40 km de cabos de alimentação
Infraestrutura:	700 km de cabos elétricos
Terraplanagem:	Movimentados 220 mil m ³ de terra com compactação mínima de 98%

Fonte: CNPEM (2014a).

De acordo com o diretor do LNLS, o estabelecimento desses contatos industriais baseou-se no cadastro de empresas fornecedoras do cnpem e em interações entre técnicos do laboratório e pequenas empresas desenvolvedoras de tecnologias do setor aeroespacial localizadas nas regiões de Campinas e do Vale do Paraíba. A partir disso, o laboratório identificou que haveria capacidade nacional instalada para corresponder aos desafios tecnológicos que um projeto da envergadura e da dimensão do Sirius demandaria. Essas informações foram importantes para o estabelecimento da meta de que ao menos 70% das empresas contratadas no âmbito do Projeto Sirius fossem nacionais.

Foi, então, com base nessa identificação prévia e na realização de rodadas de *workshops* com potenciais fornecedores, que foram definidos os requisitos técnicos – os desafios, portanto, – de cada uma das partes componentes do projeto. Ao todo, foram elencados 29 desafios tecnológicos para o desenvolvimento do projeto Sirius, que vão desde a construção do prédio onde será instalado o anel de luz (que exige alta estabilidade com relação a vibrações mecânicas e variações de temperatura), passando pelo estabelecimento de sofisticados cálculos matemáticos para a definição dos parâmetros dos aceleradores, até a definição do projeto dos diferentes componentes mecânicos e eletrônicos das fontes e linhas de luz.

Tendo em vista que a quase totalidade das tecnologias a serem contratadas não estaria prontamente disponível para compra, a equipe de coordenação do projeto Sirius encontrava-se, então, diante da necessidade de iniciar um processo de contratação de tecnologias ainda a serem desenvolvidas, um processo clássico de encomendas tecnológicas tal qual definido no capítulo 3 deste livro.

Com base nesse perfil inédito de contratação pública no Brasil, os dirigentes do CNPEM optaram por dividir as encomendas tecnológicas do projeto Sirius em três partes principais: obras civis, desenvolvimento dos ímãs e contratação das demais tecnologias dos aceleradores e das linhas de luz. A próxima seção apresenta o perfil das três encomendas tecnológicas, seus principais desafios e o processo de contratação das soluções dos problemas tecnológicos para o desenvolvimento do projeto.

5 AS ENCOMENDAS TECNOLÓGICAS NO ÂMBITO DO PROJETO SIRIUS

Esta seção apresenta as encomendas tecnológicas para construção do Sirius dando enfoque às modalidades de contratação das três encomendas globais previstas no projeto e problematizando as possibilidades e os limites das compras de P&D no Brasil. A próxima subseção faz uma breve análise da legislação nacional sobre compras públicas e compras de P&D, apresenta as especificidades da gestão de compras por organizações sociais, enquanto instituições de direito privado, bem como o regulamento de compras da OS objeto deste trabalho: o CNPEM.

5.1 Breves considerações sobre contratações de P&D e o regulamento de compras do CNPEM

Conforme observado ao longo dos capítulos deste livro, o processo de contratação pública de P&D no Brasil não é trivial. A legislação mais difundida para compras públicas, cuja principal referência é a Lei nº 8.666/1993 (Brasil, 1993), estabelece que órgãos de natureza jurídica pública, vinculados à administração direta ou indireta, devem basear-se em modalidades de licitação para realizar compras, obras, serviços, alienações e locações. As modalidades de licitação incluem concorrência, tomada de preços, convite, concurso e leilão (Brasil, 1993, Artigo 22), além da modalidade pregão, estabelecida pela Lei nº 10.520/2002 (Brasil, 2002). Procedimentos de licitação buscam, por princípio, garantir a observância, prevista na Constituição Federal, da isonomia a todos os agentes (Brasil, 1988, Artigo 37), bem como da seleção da proposta “mais vantajosa para a Administração” (Brasil, 1993, Artigo 3º), respeitando-se a preferência ao fornecedor que estabeleça o menor preço entre os concorrentes.

No que tange à compra pública de inovação, a institucionalização das práticas de contratação de P&D permanece um desafio. Na maior parte dos casos, a exemplo da definição do projeto Sirius apresentado na seção anterior, devido ao fato de o objeto da compra não estar claramente pré-definido – tendo em vista o fato de ter que ser ainda desenvolvido – observa-se a necessidade de se criar mecanismos de constante interação entre a instituição demandante e potenciais empresas fornecedoras, tanto com vistas a identificar a capacidade privada de pesquisa e produção do objeto da compra quanto para definir de forma mais concreta os requisitos técnicos deste.

Apesar de necessária, essa interação prévia poderia, em certa medida, ser interpretada como inconsistente em relação aos procedimentos previstos na legislação, em particular, ao princípio da isonomia estabelecido na Lei de Licitações.⁹ Além disso, no que diz respeito à aquisição de bem ou serviço resultante de pesquisa e desenvolvimento, há que se imaginar que o princípio norteador da aquisição não seja prioritariamente o de garantir melhor preço e maior economia, mas, sobretudo, a qualidade relacionada ao atendimento dos requisitos técnicos estabelecidos *a priori*.

Dessa forma, observa-se que a contratação de P&D possui singularidades que demandam procedimentos prévios e posteriores à definição do objeto da compra pouco aderentes às normas padrão de licitação de bens de prateleira, que nortearam a definição da legislação vigente. O reconhecimento de tais singularidades deu origem a iniciativas de aprimoramentos legais do processo de compra de P&D, como as práticas previstas *i*) na Lei nº 10.973/2004 (Brasil 2004), em seu Decreto nº 5.563/2005 (Brasil, 2005) e nas alterações propostas pela Lei nº 13.243/2016 (Brasil, 2016); *ii*) nas alterações na Lei nº 8.666/1993 relacionadas aos casos de dispensa de licitação (Brasil, 1993, Artigo 24), bem como as alterações conferidas pela Lei nº 12.349/2010 (Brasil, 2010); *iii*) nas condições de inexigibilidade de licitação (Brasil, 1993, art. 25);¹⁰ e *iv*) no Regime Diferenciado de Contratações públicas – RDC – estabelecido pela Lei nº 12.462/2011 (Brasil, 2011). Embora tenha havido importantes iniciativas jurídicas com vistas à flexibilização e ao estímulo à contratação pública de P&D, a prática relacionada a esse tipo específico de compra pública permanece subutilizada (ver Capítulo 3).¹¹

Os procedimentos para compras de organizações sociais (OSs), como o CNPEM, não estão submetidos aos regramentos mencionados, uma vez que são instituições de direito privado.¹² Dessa forma, conforme previsto na Lei das OSs (Brasil, 1998, Artigo 17), devem criar e dar publicidade a seus próprios regulamentos internos de compras. No entanto, tendo em vista o fato de que parte significativa dos orçamentos das OSs advém do Poder Público (proveniente de seus respectivos

9. Apesar de dar margem a dúvidas sobre a possibilidade de consultas prévias a potenciais fornecedores, nada há na lei de licitações que apresente óbice a tal procedimento, uma vez que a lei versa exclusivamente sobre o processo de seleção em si, e não sobre possíveis etapas anteriores à definição do objeto de compra. De toda sorte, há pouca segurança jurídica sobre a legalidade ou não do exercício de contatos desse tipo.

10. Casos de dispensa de licitação são aqueles previstos no Artigo 24 da Lei nº 8.666/1993, que indica as hipóteses em que a licitação seria juridicamente viável, embora a lei dispense o administrador de realizá-la. Por sua vez, a inexigibilidade, prevista no Artigo 25, diz respeito às condições em que a licitação é inviável, ou seja, impossível de ser realizada, tendo em vista fatores relacionados às condições de concorrência.

11. Rauen (2015) mostra que desde o estabelecimento da dispensa para licitação na Lei nº 8.666/1993, a partir da Lei nº 12.349/2010 (Brasil, 2010), foram registradas apenas 51 ocorrências de compras públicas de P&D no Diário Oficial da União, totalizando cerca de R\$ 150 milhões em contratos, em valores nominais, um montante pequeno quando comparado aos cerca de R\$ 30 bilhões investidos anualmente pelo governo federal em atividades de P&D.

12. Organizações sociais são “pessoas jurídicas de direito privado, sem fins lucrativos, cujas atividades sejam dirigidas ao ensino, à pesquisa científica, ao desenvolvimento tecnológico, à proteção e preservação do meio ambiente, à cultura e à saúde”, conforme estabelecido na Lei nº 9.637/1998 (Brasil, 1998).

contratos de gestão), tais regulamentos tendem a emular as mesmas premissas válidas a órgãos públicos em seus ritos de compras.

Baseando-se nessas premissas, o regulamento de compras do CNPEM estabelece que todas as contratações da instituição devem “assegurar tratamento isonômico aos interessados” (CNPEM, 2014b, Artigo 1) e reger-se pelos princípios da “publicidade, legalidade, moralidade, probidade, impessoalidade, igualdade, economicidade, sustentabilidade e busca pela melhor qualidade” (CNPEM, 2014b, Artigo 2). Além disso, os critérios de seleção de fornecedores estabelecidos no regulamento de compras do CNPEM amparam-se em aspectos como “prazo, qualidade, preço, garantia de manutenção, segurança e durabilidade e especificidades técnicas” (CNPEM, 2014b, Artigo 23).

Em relação às modalidades para seleção dos fornecedores, o regulamento de compras do CNPEM estabelece três possibilidades: *i*) compra direta, para contratações inferiores a R\$ 10 mil; *ii*) simples cotação, junto a pelo menos três fornecedores, para valores entre R\$ 10 mil e R\$ 50 mil; e *iii*) avaliação competitiva, com divulgação de solicitação de propostas pela internet e julgamento por comissão de avaliação, para valores acima de R\$ 50 mil (CNPEM, 2014b, Artigo 7).

No que diz respeito às contratações nas quais eximem-se processos de seleção de fornecedores, o regulamento de compras do CNPEM estabelece os casos que, em certa medida, assemelham-se àqueles dispensáveis ou inexigíveis ao processo de licitação em órgãos públicos previstos nos Artigos 24 e 25 da Lei nº 8.666/1993 (Brasil, 1993). Entre os casos de exceção à seleção de fornecedores previstos no regulamento de compras do CNPEM, destacam-se: contratações específicas em que há ausência de competição, bem como aqueles relacionados à P&D, como aquisição de bens ou insumos destinados à pesquisa científica e tecnológica e fornecimento de bens ou serviços de alta complexidade tecnológica mediante parecer de comissão especificamente designada para esse fim (CNPEM, 2014b, Artigo 22).

No limite, observa-se grande correspondência, mesmo que difusa, entre os processos públicos e as práticas internas de OSs para contratação, inclusive em relação à inexigibilidade para seleção de fornecedores. Nesse sentido, a análise dos processos de contratação de P&D para o desenvolvimento do projeto Sirius reflete, portanto, as possibilidades e os desafios das políticas de compras públicas para inovação no Brasil.

As próximas subseções apresentam as contratações de P&D para o desenvolvimento do projeto Sirius, que ocorreram com base em três processos de encomendas globais distintos, dois dos quais contratados diretamente pelo CNPEM e um deles via lançamento de editais de seleção pública conduzido por agências de fomento.

A primeira subseção desta seção analisa a encomenda da obra civil em que o Sirius será instalado, que se baseou no processo de seleção pública via avaliação competitiva, conforme previsto no regulamento de compras do CNPEM. A segunda subseção apresenta a encomenda dos ímãs dos anéis aceleradores, que, devido às especificidades relacionadas às etapas de pesquisa e produção tecnológica, baseou-se nas possibilidades de exceção de seleção de fornecedores previstas no regulamento de compras do CNPEM para contratação direta da empresa WEG. Finalmente, a terceira subseção apresenta o processo de contratação das diversas tecnologias que comporão os aceleradores e as linhas de luz, que não foram contratados diretamente pelo CNPEM, mas pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e pela FAPESP, tendo como base o lançamento de editais públicos para seleção dessas tecnologias.

A análise apresentada na próxima subseção baseou-se em informações provenientes de entrevista com o diretor do LNLS, de entrevista divulgada pelo CNPEM, com o coordenador de obras do projeto Sirius no LNLS¹³, em informações provenientes dos *sites* oficiais das instituições envolvidas e em documentos oficiais acerca do tema.

5.2 A encomenda das obras civis

A execução do projeto Sirius iniciou-se com a preparação do terreno e as primeiras etapas das obras civis para a construção da edificação que abrigará o novo acelerador. Conforme mencionado na quarta seção deste capítulo, as instalações do Sirius serão construídas em um terreno doado pelo governo do estado de São Paulo, anexo às atuais instalações do CNPEM. Trata-se, portanto, de uma expansão de 150 mil m² à atual área de 380 mil m² do complexo dos laboratórios nacionais.

Com base em relato dos entrevistados, para além das questões-padrão de qualquer projeto civil relacionadas à terraplanagem, instalações hidráulica, elétrica, entre outras, os requisitos de construção do prédio onde se instalará o Sirius incluem desafios tecnológicos bastante específicos.

Conforme mencionado na quarta seção, tais desafios levaram os coordenadores do projeto Sirius no CNPEM a contratarem uma empresa especializada em consultoria na área da construção civil, elaboração e acompanhamento de projetos executivos de obras civis, a Engineering.¹⁴ As atribuições da Engineering estavam relacionadas à coleta de informações prévias para a identificação das demandas técnicas, com vistas à definição do objeto da subsequente contratação. Tendo em vista o fato de se tratar de uma infraestrutura científica que demanda o uso de tecnologias inéditas no mundo, a empresa visitou diversos laboratórios de

13. Disponível em: <goo.gl/UEudd8>.

14. Em 2010, a Engineering foi adquirida pela empresa de capital norte-americano Hill International, passando a adotar sua nova marca a partir de setembro de 2015. Disponível em: <goo.gl/oJf5ke>.

luz síncrotron no exterior e interagiu com diferentes engenheiros e especialistas envolvidos na construção de infraestruturas desse tipo para se basear na elaboração do projeto nacional.

De acordo com o coordenador das obras do Sirius no CNPEM, a coleta dessas informações e o contato com engenheiros que participaram da construção de outros síncrotrons semelhantes a esse foi fundamental para a definição do projeto. Houve, portanto, durante toda a definição do projeto, intensa troca de experiências e informações entre cientistas, usuários e empresas. Em sua visão, essa é uma característica peculiar no universo das infraestruturas científicas de fronteira, pois se trata de uma área muito competitiva, mas, ao mesmo tempo, muito colaborativa (Grandes construções, 2015).

A despeito da troca de informações e experiências internacionais, o projeto de construção do novo anel síncrotron brasileiro demandou análises relacionadas às singularidades nacionais, como as condições específicas de clima, solo, disponibilidade de matérias-primas, equipamentos e empresas capacitadas para dar vazão à obra. Conforme informações do diretor do LNLS obtidas por meio de entrevista, o CNPEM também organizou *workshops* visando consultar especialistas e empresas nacionais sobre aspectos mais específicos da obra civil, a exemplo do *workshop* sobre os requisitos relacionados à estabilidade da edificação, um tema central para o projeto, do qual participaram renomados especialistas, além de representantes de empresas do setor da construção civil.

Após a conclusão e entrega, pela Engineering, do projeto executivo e das definições dos requisitos da obra civil do Sirius, o CNPEM estabeleceu um processo de “Avaliação Competitiva”¹⁵ para a seleção e contratação da empresa responsável pela construção das instalações do novo anel.

Conforme informações obtidas na entrevista realizada com o diretor do LNLS, nessa etapa de pré-seleção, a comissão julgadora composta para esse processo analisou as propostas de dezesseis construtoras, das quais restaram cinco participantes, na sequência, três concorrentes, até que, ao final, conciliando aspectos como melhores técnica e custo em relação aos demais, a empresa de capital nacional, Racional Engenharia, foi selecionada.

Observa-se, portanto, que, a despeito de também ter se baseado em um processo de concorrência entre empresas para a seleção de fornecedores, a seleção de fornecedores para a encomenda das obras civis do Sirius utilizou-se de uma sondagem e de um contato prévio com possíveis fornecedores, com vistas a delimitar

15. O termo “avaliação competitiva”, de fato, só foi incorporado ao regulamento de compras do CNPEM em sua versão mais recente, de 2014. No entanto, conforme informações prestadas por entrevistado, o processo realizado para a contratação da construtora responsável pelas obras civis do Sirius seguiu os mesmos parâmetros de seleção entre empresas concorrentes baseada em avaliação por comissão composta para esse fim.

melhor o objeto da contratação, assim como se amparou em critérios para além do menor custo para definir a empresa selecionada. Trata-se, assim, de uma dinâmica necessária para a definição de contratação de P&D especialmente quando os requisitos técnicos do objeto da compra não estão claramente definidos.

Entre os desafios tecnológicos identificados para a construção do prédio onde se instalará o Sirius, destacam-se as exigências de estabilidade mecânica, térmica e estrutura de bloqueio de radiação dos aceleradores. Conforme mencionado, a garantia da estabilidade é um dos maiores desafios da construção do Sirius. De acordo com CNPEM (2014a:33),

o objetivo é fazer um feixe de elétrons, que em alguns trechos do acelerador tem apenas 1,5 micrômetro de tamanho vertical, percorrer uma trajetória de 500 metros de circunferência, dando 600 mil voltas por segundo, sem que oscile mais do que 150 nanômetros.

De acordo com o coordenador de obras do projeto Sirius no CNPEM, nesse sentido, a resistência a vibrações é um dos aspectos mais sensíveis da edificação. Todas as fontes de vibração que se propagam para dentro do prédio – sejam as produzidas pelo terreno, pelo entorno, pelo sistema de ar-refrigerado, elétrico e hidráulico, ou mesmo pela movimentação dos equipamentos que estarão muito próximos aos aceleradores – têm de ser neutralizadas a fim de se obter uma estrutura bastante estável, que garantirá uma boa e constante *performance* dos aceleradores (Grandes construções, 2015). Assim, conforme informações da Racional Engenharia, para garantir o desempenho dos aceleradores e atenuar vibrações, houve a necessidade de criar uma estrutura de piso reforçada com espessura entre 60 e 90 cm, denominada piso crítico.

Além disso, a estrutura predial terá requisitos relacionados ao controle de deformidades. De acordo com o coordenador de obras do Sirius no CNPEM, a especificação do projeto define que o piso sobre o qual serão colocados os aceleradores não pode deformar mais do que $\frac{1}{4}$ de milímetro a cada 10 metros, no período correspondente a um ano, caso contrário, haverá riscos de que os equipamentos que compõem o anel principal possam desalinhar-se de forma a comprometer a atividade e a qualidade dos aceleradores. Para o coordenador de obras do Sirius no CNPEM, tal situação exigiria um realinhamento mecânico, o que significaria interromper as atividades do anel acelerador por, no mínimo, um a dois meses. Diante disso, em sua visão, a definição da estrutura de concreto é a questão central da fase de edificação do projeto e, portanto, seu principal desafio (Grandes Construções, 2015).

O pavimento onde será instalado o acelerador principal será um piso monolítico, ou seja, sem juntas de dilatação (apenas juntas da construção, ou montagem dos blocos) e circular, de cerca de 520 m de diâmetro e 15 m de largura. De acordo

com o coordenador de obras do Sirius no CNPEM, para não haver riscos de dilatação do material, seja por variações nas condições mecânicas, seja por variações nas condições térmicas da obra, é necessário que o tipo de concreto utilizado nos blocos de montagem tenha um componente de engenharia importante, constituindo-se, ao final, em um concreto de baixíssima retração (Grandes construções, 2015).

BOX 2

Área de construção do Sirius



Fonte: Imagem concedida pelo CNPEM.

Com relação aos requisitos sobre estabilidade térmica, visando garantir a mais baixa transmitância térmica possível, a cobertura do edifício foi projetada em estrutura cônica calandrada, uma das mais modernas e desafiadoras do mercado, de acordo com a empresa Racional Engenharia. Essa estrutura garantirá que todo o *hall* experimental do edifício – que consiste na área de 600 m de circunferência por 30 m de largura e cerca de 10 m de pé-direito, onde serão instalados o anel de armazenamento e as primeiras linhas de luz – seja mantido a uma temperatura constante de 0,5° C.

No que tange à proteção contra a emissão de radiação, o projeto prevê que o túnel experimental seja blindado com paredes de espessura média de 1 metro. Além disso, de acordo com o coordenador de obras do Sirius no CNPEM, dentro do *hall*, protegendo os aceleradores, haverá uma blindagem em concreto moldado *in loco*, com paredes cuja parte interna terá 80 cm de espessura, a parte externa, de 1 m a 1,5 m de espessura, a depender do trecho, e a cobertura, 1 m de espessura (Grandes construções, 2015).

Observa-se que, assim como as tecnologias que compõem os aceleradores e as linhas de luz, a obra civil do Sirius também possui elevados requisitos técnicos relacionados, principalmente, à estabilidade térmica e mecânica da edificação, bem como ao isolamento da radiação produzida pelos aceleradores durante o período de operação destes. Tais requisitos demandaram dos engenheiros e pesquisadores envolvidos dedicação à pesquisa para o desenvolvimento de novas tecnologias que atendessem às exigências técnicas cujas soluções ainda não se encontravam disponíveis no mercado. Dessa forma, a encomenda das obras civis do projeto Sirius impactará o setor da construção civil brasileira de diversas formas, agregando novas competências tecnológicas diretamente à empresa contratada, bem como às empresas pertencentes aos demais elos da cadeia de fornecedores, em particular, em relação a novos processos de construção de precisão voltados para grandes infraestruturas científicas.

No entanto, é importante ressaltar que os desafios do projeto não têm apenas caráter tecnológico. De acordo com o coordenador de obras do Sirius no CNPEM, a primeira fase da construção está prevista para durar quarenta meses, sendo estabelecido o mês de setembro de 2017 como o mês de conclusão do prédio principal, a partir do qual ocorrerá a liberação para o início da montagem do anel, e, em 2018, há a previsão de que já sejam iniciados os primeiros testes no anel de luz. Assim, tendo em vista que os demais equipamentos que comporão o Sirius, inseridos nas outras duas encomendas globais do projeto, estão sendo desenvolvidos em paralelo às obras civis, há de se mencionar também os desafios relacionados ao gerenciamento e integração dos cronogramas de execução e entrega das respectivas encomendas.

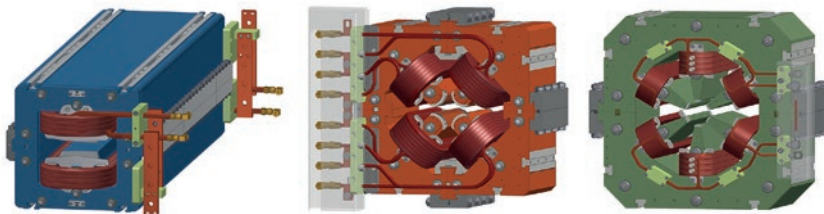
A próxima subseção apresenta e analisa o processo de encomenda dos ímãs que compõem os aceleradores, os desafios lançados e os impactos sobre a dinâmica e as estratégias da empresa contratada, a WEG. A análise dessas encomendas no âmbito do projeto Sirius baseou-se em entrevistas com o diretor do LNLS, o diretor da unidade motores da WEG e o coordenador do projeto Sirius na WEG, bem como em visita às instalações fabris e à unidade do projeto Sirius da WEG em Jaraguá do Sul/SC.

5.3 A encomenda dos ímãs

A construção da rede magnética é a etapa central do desenvolvimento de uma nova fonte de luz, por isso é considerada o coração do projeto Sirius. Conforme mencionado na quarta seção deste capítulo, são os ímãs as estruturas responsáveis por definir o direcionamento, a velocidade e a focalização dos elétrons em aceleradores de partículas. Dessa forma, o alcance de menor emitância e maior brilho proposto para o Sirius ocorrerá por meio de inovações nos projetos das redes magnéticas, que determinam as características dos feixes de elétrons e, conseqüentemente, da luz produzida.

Além disso, são os ímãs os responsáveis por garantir a estabilidade da trajetória do feixe de elétrons, com base no campo magnético, que, de acordo com as especificações do projeto, será composto por um total de mais de mil eletroímãs. No anel de armazenamento, a rede magnética constitui-se em uma combinação de ímãs do tipo dipolos, quadrupolos e sextupolos. Os dipolos são responsáveis pela deflexão da trajetória dos elétrons; os quadrupolos responsáveis pela focalização do feixe; e os sextupolos por corrigir a variação cromática resultante da ação dos quadrupolos sobre um feixe com dispersão de energia finita (figura 5). De acordo com CNPEM (2014a), além desses, em fontes de alto brilho, como o Sirius, as redes magnéticas são projetadas para acomodar outros tipos de ímãs, como os dispositivos de inserção, destinados a ampliar o perfil de emissão da máquina.

FIGURA 4
Projeto dos dipolos, quadrupolos e sextupolos para o Booster do Sirius



Fonte: Imagem concedida pelo CNPEM.

O processo de encomenda dos ímãs do projeto Sirius configurou-se em um grande desafio para a equipe de gestores do CNPEM. Até aquele momento, não havia nenhuma empresa no Brasil que fabricasse ímãs para aceleradores de partículas. Seguindo a meta estabelecida de dar prioridade à indústria nacional, foi dado início a um mapeamento de empresas brasileiras que teriam capacidade para desenvolver ímãs com as especificações requeridas. Após sondagem inicial e tendo em vista o reconhecimento e a destacada competência da empresa na produção de motores elétricos – cujo princípio de funcionamento possui grandes similaridades com a produção de eletroímãs, a equipe gestora do projeto Sirius no CNPEM identificou a empresa WEG como uma potencial desenvolvedora dos ímãs do projeto.

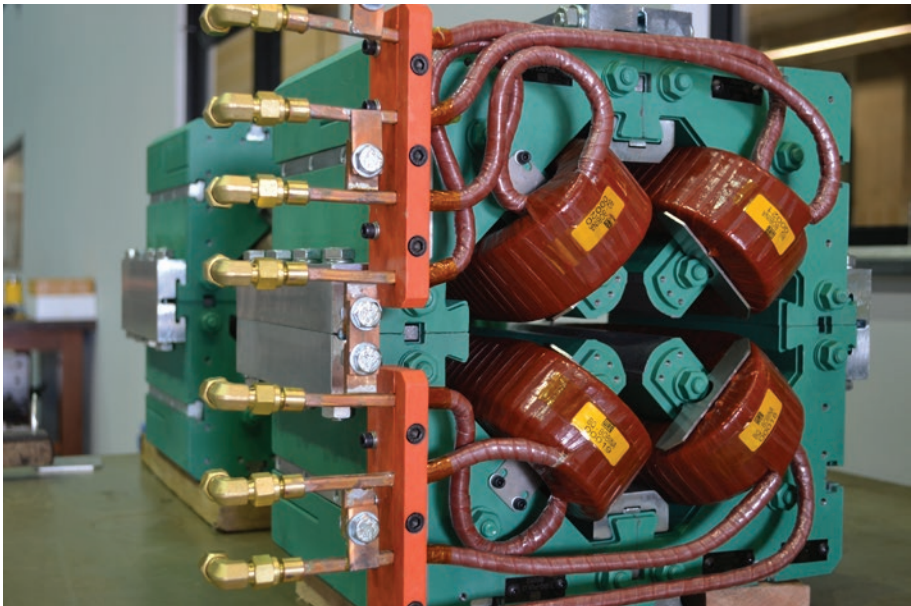
Assim, baseando-se nos critérios de exceção para seleção de fornecedores previstos em seu regulamento de compras, o CNPEM entrou diretamente em contato com a Unidade Motores da WEG lançando à empresa o desafio do desenvolvimento e posterior aquisição dos ímãs para a construção dos anéis aceleradores do Sirius. Os critérios para dispensa de seleção diziam respeito *i)* à especificidade do objeto da contratação, que demandaria intensa pesquisa para o desenvolvimento de uma

tecnologia inédita e exclusiva, em que não haveria, portanto, competição (CNPEM, 2014b, Artigo 22, inciso V); *ii*) ao fato de o objeto da contratação ser caracterizado como bens ou insumos destinados à pesquisa científica e tecnológica (CNPEM, 2014b, Artigo 22, inciso XII) e *iii*) ao fato de esses bens ou serviços possuírem alta complexidade tecnológica (CNPEM, 2014b, Artigo 22, inciso XIII).

Conforme informações obtidas na entrevista realizada com o diretor da Unidade Motores e o coordenador do projeto Sirius na WEG, atender o desafio proposto pelo LNLS naquele momento demandaria o desenvolvimento de uma nova competência interna ancorada, sobretudo, na ciência de precisão, em complementariedade às competências já tradicionalmente estabelecidas na empresa. De acordo com os entrevistados, o principal desafio tecnológico para o desenvolvimento de motores elétricos reside na elevada precisão requerida no processo de produção do material, tendo em vista que qualquer saliência ou aresta pode levar a perdas de eficiência. Para eles, no desafio proposto pelo projeto Sirius para a produção dos ímãs, a lógica seria similar, demandando, além de precisão na lisura do material (sem arestas ou fissuras), precisão no procedimento de empacotamento da peça polar e de outras peças que formam os ímãs.

BOX 3

Protótipo do quadrupolo desenvolvido pela WEG



Fonte: Imagem concedida pelo CNPEM.

A definição do projeto da rede magnética do Sirius foi um processo que se iniciou em 2009 e demandou intensa interação entre técnicos da WEG e a equipe do LNLS. Após três anos, com a finalização do projeto técnico e a definição dos onze diferentes tipos de ímãs que comporiam a rede principal do acelerador, foi formalizado o acordo de cooperação técnica entre o LNLS e a WEG para o desenvolvimento da tecnologia (protótipos dos ímãs).

Conforme estabelecido no acordo, tão logo cada lote de ímãs ficasse pronto, a WEG realizaria testes internos (com base nos parâmetros encaminhados pela equipe do LNLS) e, na sequência, esses ímãs seriam cuidadosamente transportados de Jaraguá do Sul/SC, sede da WEG, até o laboratório em Campinas/SP para serem testados e validados *in loco*. Caso atendessem às especificações, seriam, na sequência, adquiridos com base num processo de negociação de preços, definido *a posteriori*, cujo valor global estabelecido foi de R\$ 45 milhões, conforme informações dos entrevistados da WEG.

Observa-se, dessa forma, que a encomenda dos ímãs do projeto Sirius abrangeu tanto as etapas de P&D e prototipagem quanto a aquisição das unidades para montagem da rede, ou seja, um processo de encomenda tecnológica em que se associa a etapa de desenvolvimento da tecnologia (*Pre-commercial procurement*) à aquisição desta após escalonagem (*Public procurement for innovation*), conforme discutido no capítulo 3 deste livro.

Apesar de ser uma típica encomenda tecnológica com posterior *scale up*, os entrevistados da WEG sinalizaram não enxergar o atendimento aos desafios do projeto Sirius como um simples processo de compra, tendo em vista a intensa necessidade de cooperação mútua desde o início da definição da encomenda até o desenvolvimento do processo de produção pela própria empresa. Diante disso, para eles, a WEG pode ser considerada mais uma parceira do CNPEM do que simples fornecedora, especialmente devido ao fato de que o aprendizado tecnológico adquirido ao longo de todo esse processo foi extremamente valioso para a empresa.

Em relação aos impactos da encomenda dos ímãs nas estratégias da empresa, os entrevistados mencionaram que o atendimento às demandas do projeto exigiu da WEG um intenso processo de adaptação interna. De acordo com o diretor da Unidade Motores e com o coordenador da equipe do projeto Sirius da WEG, a empresa designou uma equipe de cerca de quarenta pessoas envolvidas com o projeto, vinte delas integralmente dedicadas ao desenvolvimento dos ímãs. Esse processo fez com que surgissem inovações organizacionais na própria empresa, pois o rigor requerido nas etapas de pesquisa e desenvolvimento dos ímãs, em

particular em relação aos processos de metrologia¹⁶ e de precisão, levou a WEG a desenvolver novos protocolos de acompanhamento e procedimentos de qualidade que, de acordo com os entrevistados, trouxeram externalidades positivas a outras áreas da empresa.

Para os entrevistados, os impactos do projeto Sirius na dinâmica da empresa foram ainda mais amplos, afetando sobremaneira sua cultura empresarial. Apesar de, em um primeiro momento, os desafios lançados pela encomenda dos ímãs terem sido vistos com receio pela equipe técnica e de pesquisadores da empresa – uma vez que se tratava de um tipo de produção até então desconhecida para eles, passaram a ser encarados como uma oportunidade de envolvimento com pesquisa de fronteira, algo que eles julgam um valor importante para a corporação.

De acordo com o diretor da Unidade Motores da WEG, de fato, o produto encomendado pelo CNPEM não tinha aderência alguma às principais áreas de negócio da empresa. No entanto, em sua visão, o engajamento da WEG no desenvolvimento das tecnologias demandadas pelo projeto Sirius foi motivado pelo desafio da inovação, da pesquisa e do desenvolvimento, além da relevância de fazer parte de um projeto de grande impacto nacional. Para o entrevistado, ao ser contratada para o desenvolvimento de onze tipos diferentes de ímãs, o projeto Sirius lançou à WEG onze novos desafios que demandaram muitas horas de dedicação à pesquisa e o estabelecimento de diferentes inovações em desenvolvimento tecnológico e novos processos produtivos.

Quando questionados sobre a possibilidade de as encomendas do projeto Sirius darem origem a uma nova área de especialização ou unidade de negócios dentro da WEG, os entrevistados sinalizaram que essa nova *expertise* adquirida na produção dos ímãs gerou interesse por parte de oito países que estão construindo, ou pretendem construir, aceleradores de partículas de quarta geração em seus territórios, o que pode levar a WEG a ser fornecedora de tecnologias de ímãs para aceleradores em outras partes do mundo.

De maneira geral, conforme destacam os entrevistados da WEG, o atendimento às demandas do projeto Sirius foi extremamente virtuoso às atividades da empresa, pois, além de ter dado origem a um processo de aprendizado sem precedentes em sua história, levou a um importante processo de capacitação tecnológica, à oportunidade de aproximar a empresa de cientistas de alta qualificação de um laboratório nacional, a inovações em processos, à criação de uma nova área de

16. De fato, a WEG é uma empresa bastante verticalizada. Todos os requisitos para a realização de atividades de pesquisa podem ser cumpridos em seu *campus* fabril, uma vez que possui tanto um setor de metrologia interno, para a realização de seus próprios testes, ensaios e calibrações, quanto laboratórios próprios de P&D. Importante salientar que a WEG é uma empresa que tradicionalmente investe em P&D. De acordo com informações prestadas pelos entrevistados, em 2015, a WEG investiu 2,5% do faturamento em atividades de pesquisa e desenvolvimento.

especialização em pesquisa, desenvolvimento e produção, além da oportunidade de associar sua marca a um projeto de Estado de grande projeção internacional.

Observa-se que os desdobramentos da encomenda dos ímãs do projeto Sirius foram muito além do estabelecimento de um grande contrato entre um laboratório e um fornecedor nacionais. Essa encomenda iniciou uma nova área de pesquisa e atuação dentro de uma grande empresa de reconhecida projeção internacional, estabeleceu novos processos produtivos que impactaram outras áreas da empresa e a levou a ser identificada internacionalmente como uma nova fornecedora de equipamentos para infraestruturas científicas de grande porte e complexidade, como os aceleradores de partículas.

A próxima subseção dedica-se à análise da terceira contratação global do projeto Sirius: as demais tecnologias dos aceleradores e das linhas de luz. A coleta de informações para essa subseção baseou-se em entrevistas realizadas com o diretor do LNLS e com o diretor científico da Fapesp, agência responsável, juntamente com a Finep, pelo lançamento dos primeiros editais de seleção desses projetos, bem como em análise de documentos oficiais sobre esse processo de contratação.

5.4 Contratação das tecnologias do anel acelerador e das linhas de luz

Considerando o fato de que a primeira etapa de encomendas do projeto Sirius foi dedicada à obra civil do espaço que o novo anel de luz síncrotron ocupará e, na sequência, à contratação do desenvolvimento dos ímãs que comporão os anéis aceleradores, a etapa subsequente foi a da definição do modelo de contratação das demais tecnologias dos aceleradores e das linhas de luz.

Conforme informações obtidas na entrevista realizada com o diretor científico da Fapesp, o envolvimento da agência com o projeto Sirius ocorreu desde as primeiras discussões sobre a construção do novo acelerador. Na oportunidade, o então diretor do CNPEM entrou em contato com a agência de fomento paulista para discutir se haveria interesse por parte dela em participar do financiamento do Sirius. A Fapesp sinalizou positivamente, condicionando o aporte de seus recursos à contratação de pequenas empresas do estado de São Paulo para o desenvolvimento de tecnologias de fronteira, conforme regras de seu programa de modalidade subvenção.

As dificuldades do processo de contratação que se apresentaram naquele momento foram, por um lado, identificar a capacidade da indústria de desenvolver as tecnologias necessárias para o projeto e, por outro, definir as partes componentes do acelerador e transformá-las em desafios exequíveis pelas empresas (que acabaram se configurando nos desafios tecnológicos dos editais de seleção).

Com isso, na visão dos entrevistados, estabelecer a figura de um intermediário entre as demandas do LNLS e as empresas, na figura de um ILO, mostrou-se uma

etapa fundamental. Assim, uma parte importante desse processo foram os *workshops* realizados pelo CNPEM em parceria com a Fapesp para apresentação dos desafios às empresas e discussão sobre a viabilidade de desenvolvê-los.

Definidas as tecnologias e demandas específicas do projeto, tendo em vista que as contratações das obras civis e dos ímãs já haviam sido realizadas diretamente pelo CNPEM, utilizando-se, para tanto, dos recursos próprios previstos no contrato de gestão entre a instituição e o MCTIC, de acordo com o diretor do LNLS, houve a necessidade, a partir daquele momento, de que os recursos para as demais contratações fossem captados de outras fontes. Iniciaram-se, então, negociações com a Fapesp com vistas à viabilização da utilização de recursos da modalidade de subvenção tradicional de seu portfólio, conhecida como Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe).

De acordo com informações obtidas na entrevista concedida pelo diretor científico da Fapesp, uma das características do programa Pipe é a de que, a partir dele, não pode ser financiado o pagamento dos recursos humanos envolvidos com os projetos. Essa impossibilidade consistir-se-ia em um gargalo para a contratação das tecnologias do projeto Sirius tendo em vista que, devido ao intenso caráter de pesquisa requerido no desenvolvimento dessas tecnologias, nas consultas prévias com as potenciais empresas fornecedoras, foi sinalizado que grande parte do financiamento dos projetos estaria destinada ao pagamento de pesquisadores e técnicos.

Dessa forma, a sugestão proposta inicialmente pelos coordenadores do projeto foi a de que os salários dos técnicos e pesquisadores envolvidos no desenvolvimento das tecnologias fossem pagos na forma de contrapartidas, arcados, portanto, pelas próprias empresas como compensação ao recurso público recebido. De acordo com o diretor do LNLS, as empresas apresentaram objeções a essa sugestão, pois, considerando que as demandas decorrentes do projeto Sirius são pontuais – muitas delas não pertencentes ao portfólio original das empresas, nem mesmo associadas a seus respectivos *core business* – haveria resistência por parte dos sócios e de seus conselhos administrativos em assumir tamanho risco.

Diante disso, a solução encontrada pela equipe gestora do projeto Sirius, juntamente com a Fapesp, foi a do lançamento de um edital conjunto entre Fapesp e Finep, que, por meio do programa Pipe/Pappe de subvenção econômica¹⁷ a empresas inovadoras, poderia financiar, via orçamento da Finep, os recursos humanos envolvidos com os projetos de desenvolvimento das novas tecnologias. Assim, 50% dos recursos do edital seriam provenientes do orçamento da Fapesp e o restante, da Finep, o que possibilitou que o salário de pesquisadores e técnicos a serem contratados pudesse corresponder a até 50% do valor global das propostas.

17. Subvenção econômica é uma modalidade de fomento a empresas prevista na Lei nº 11.540/2007 (Brasil, 2007), que dispõe sobre o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), e que prevê a cobertura de recursos a título não reembolsável para financiamentos de despesas correntes e de capital em projetos de inovação.

BOX 4

Programas Pappe e Pipe

PIPE – O programa Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas destina-se a apoiar o desenvolvimento de pesquisas inovadoras, a serem executadas por pequenas empresas sediadas no Estado de São Paulo, sobre importantes problemas em ciência e tecnologia que tenham alto potencial de retorno comercial ou social.

PAPPE – O Programa de Apoio à Pesquisa em Empresas é uma iniciativa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI, realizada pela Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP em parceria com as Fundações de Amparo à Pesquisa - FAPs estaduais, que busca financiar, por meio da concessão de recursos de subvenção econômica (não reembolsáveis) do MCTI/FINEP/FNDCT, atividades de P&D de produtos e processos inovadores empreendidos por pesquisadores que atuem diretamente ou em cooperação com empresas de base tecnológica.

Dessa forma, a opção pelo modelo de contratação das demais tecnologias do projeto Sirius não foi a da encomenda direta pelo CNPEM, conforme o procedimento utilizado para as obras civis e para os ímãs, mas a de um processo de seleção pública de projetos, amparado pela Lei nº 10.973/2004 e seu Decreto nº 5.563/2005, tendo como base um edital conjunto Fapesp/Finep (baseado no programa Pipe/Pappe subvenção), no qual estariam apresentados os desafios (Anexo A) relacionados às diversas tecnologias dos aceleradores e das linhas de luz.

Trata-se, portanto, de um processo padrão de seleção pública, que, embora se afaste bastante de um processo licitatório conforme previsto na Lei nº 8.666/1993, baseia-se em todos os rigores processuais e burocráticos típicos, como envio e comprovação documental pelas proponentes, formação de banca/comitê de avaliação, processo de avaliação, cumprimento de prazos para publicidade de informações etc. Tal opção configurou-se em uma interessante engenharia utilizada pelo CNPEM, que, com vistas a não onerar o seu orçamento (já comprometido com outras etapas de execução do projeto Sirius), participará apenas das etapas de testes das tecnologias que serão financiadas com recursos das agências. Observa-se, com isso, que nesse terceiro modelo, a estratégia foi utilizar um típico instrumento de fomento a atividades de inovação, a subvenção econômica, para realizar a encomenda dos modelos de parte das tecnologias do projeto Sirius que não caberiam em seu orçamento, ou seja, um mecanismo de oferta para atender a uma demanda tecnológica.

A seleção das propostas, então, basear-se-ia em uma avaliação das soluções apresentadas pelas empresas concorrentes por um comitê científico e tecnológico formado por representantes do CNPEM, da Fapesp e da comunidade científica. O LNLS/CNPEM é o responsável por realizar o acompanhamento dos processos de P&D, bem como das entregas, confirmando às agências se elas estariam sendo feitas da forma esperada.

O primeiro edital Fapesp/Finep¹⁸ de seleção pública de empresas fornecedoras de equipamentos para a construção do novo anel de luz síncrotron foi lançado em

18. Disponível em: <<https://goo.gl/oN6P06>>.

2014, com valor global previsto de R\$ 40 milhões e valor máximo por projeto de R\$ 1,5 milhão. Também foi estabelecido que o edital contemplaria apenas empresas paulistas (em atendimento às regras do programa Pipe da Fapesp) e que no mínimo 40% desse valor seria destinado a empresas com faturamento anual de até R\$ 3,6 milhões, ou seja, pelo menos 40% dos recursos deveriam ser aportados a microempresas ou empresas de pequeno porte.

Além disso, estava previsto que o R\$ 1,5 milhão para cada projeto seria destinado apenas à cobertura dos custos para o desenvolvimento dos protótipos das tecnologias, portanto, não estaria prevista a compra da tecnologia após processo de escalonagem (como ocorreu, por exemplo, na encomenda dos ímãs), o que torna esse modelo de contratação um processo típico de PCP, conforme taxonomia apresentada no capítulo 3 deste livro. De acordo com o diretor científico da Fapesp, a compra das unidades após processo de escalonagem ocorrerá apenas na sequência dos testes realizados com as diferentes tecnologias *in loco* e utilizará recursos orçamentários do próprio CNPEM. Observa-se, então, que, para além de uma engenharia meramente orçamentária, a estratégia de contratação desse terceiro modelo foi a de designar às agências de fomento o aporte de recursos visando à cobertura dos custos das etapas de maior risco no desenvolvimento das novas tecnologias do projeto Sirius, ou seja, aquelas relacionadas à P&D propriamente dita.

Importante notar que, no processo adotado, mesmo sem dar garantias de compra das tecnologias – tendo em vista que a contratação restringiu-se aos modelos de teste (protótipos), as informações prestadas no anexo do primeiro edital do projeto Sirius incluíam, além dos requisitos tecnológicos dos desafios, uma estimativa de quantidades a serem adquiridas pelo CNPEM para montagem das tecnologias componentes do anel acelerador e suas linhas de luz (Anexo A). Tal perspectiva mostrou-se, na visão do diretor científico da Fapesp, um importante balizador para a tomada de decisão da empresa de se engajar em projetos de desenvolvimento arriscados como os desafios do Sirius, pois deu a elas uma estimativa do montante de venda *a posteriori*, caso o protótipo fosse bem-sucedido.

Dos vinte desafios apresentados nesse edital, onze foram contemplados, somando um total de recursos contratados de R\$ 19,5 milhões, dos 40 milhões previstos. Outra questão interessante a ser explorada no processo de contratação do primeiro edital do projeto Sirius é o fato de que, entre os projetos selecionados, dois desafios¹⁹ serão atendidos por empresas diferentes, o que fez com que um total

19. O Desafio 5 (Fabricação, Montagem e Teste das Placas Eletrônicas – Front End, FMC e Back End) será atendido pelas empresas Omnisys Engenharia Ltda. e Atmos Sistemas Ltda. O Desafio 8 (módulos de regulação digital de fonte) será atendido pelas empresas Omnisys Engenharia Ltda e Macnica DHW Ltda.

de treze projetos, provenientes de oito empresas,²⁰ fossem contemplados nesse primeiro edital (Anexo B).

Na visão do diretor científico da Fapesp, o fato de duas empresas terem sido selecionadas para atender um mesmo desafio tecnológico reflete-se em uma abordagem inovadora do modelo de encomendas tecnológicas no Brasil. Nos dois desafios, ambas as empresas apresentaram soluções inovadoras interessantes que despertaram o interesse da banca de seleção de projetos. Apesar de nem o diretor do LNLS nem o diretor científico da Fapesp terem clareza sobre os rumos dos desenvolvimentos e possibilidades de sucesso em ambos os casos, vislumbram que essa situação concorrencial na busca por soluções de problemas científicos pré-estabelecidos será benéfica aos rumos do projeto Sirius, inclusive sob a perspectiva de que a duplicidade de esforços em uma mesma direção poderá aumentar as chances de sucesso no alcance das soluções propostas.

Por sua vez, considerando que nove dos vinte desafios lançados no primeiro edital não foram contemplados, de acordo com o diretor do LNLS, a solução encontrada pelos coordenadores do projeto com vistas a impedir que o cronograma de construção do Sirius fosse prejudicado foi, por um lado, deixar a cargo da equipe técnica do laboratório o desenvolvimento de algumas das tecnologias previstas nesses desafios, uma vez que já havia *expertise* desenvolvida internamente para tanto, e, por outro, o estabelecimento de um segundo edital.

Na visão do diretor do LNLS, apesar de buscar o cumprimento do cronograma do projeto, do ponto de vista orçamentário, essa não foi a solução ideal, pois os recursos a serem empregados na internalização pela equipe do CNPEM do desenvolvimento dessas tecnologias não contratadas acabaram sendo provenientes do contrato de gestão com o MCTIC, e não mais das fontes externas, como as agências, sobrecarregando o orçamento do próprio CNPEM.

Conforme mencionado, a segunda solução para o desenvolvimento dos desafios não contratados no primeiro edital foi a do lançamento de um segundo edital,²¹ em 2015, no qual foram lançados treze desafios (Anexo C), quatro dos quais provenientes dos nove desafios não atendidos no primeiro edital (banhos térmicos, cabanas experimentais, estágios mecânicos de precisão, bases mecânicas ultra estáveis). O valor global previsto para contratação no âmbito desse segundo edital foi proveniente dos recursos não contratados no primeiro (R\$ 20 milhões dos R\$ 40 milhões globais iniciais).

20. As oito empresas selecionadas no primeiro edital foram: Atmos Sistemas, de São Paulo; Equatorial Sistemas, de São José dos Campos; Omnysis Engenharia, de São Bernardo do Campo; FCA Brasil, de Campinas; Luxtec Sistemas Ópticos, de Campinas; Engecer, de São Carlos; Opto Eletrônica, de São Carlos; Macnica DHW, da capital paulista.

21. Disponível em: <goo.gl/RUc4yA>.

Foram contemplados quinze projetos na segunda chamada pública (Anexo D) e atendidos dez dos treze desafios lançados. Assim como no primeiro edital de seleção da Chamada Sirius, nesse segundo edital, três diferentes desafios serão atendidos por mais de uma empresa.²² Além disso, duas empresas foram selecionadas para desenvolver mais de um projeto: a empresa Setup Automação Controle de Processos Ltda. EPP, com três projetos, e a empresa Promac Equipamentos MS Ltda., com dois projetos diferentes. Esses resultados mostram que a estratégia de promover a concorrência entre diferentes projetos tecnológicos visando atender os mesmos desafios foi mantida do primeiro para o segundo edital, sugerindo que a apresentação por empresas de diferentes soluções tecnológicas para os mesmos problemas colocados despertaram o interesse da banca de seleção de projetos, enriquecendo, portanto, todo o processo.

Além desses aspectos, uma interessante questão a ser explorada, sob a perspectiva da estratégia de política de inovação subjacente ao lançamento dos editais de contratação das demais tecnologias do Sirius, é a de que, entre os requisitos de ambos os editais, foi solicitado às empresas concorrentes o encaminhamento de planos de negócios para a comercialização dos resultados da pesquisa. Nesse plano, as empresas deveriam descrever a estratégia que utilizarão para “gerar receitas a partir da pesquisa inovativa proposta ou realizada”, além de descreverem “como a inovação proposta insere-se no mercado, em particular o mercado futuro”.

Tal requisito traz implícita a perspectiva, por parte dos órgãos contratantes, de que o desenvolvimento da nova tecnologia originada a partir da encomenda tecnológica não atenderá apenas ao Sirius, como também poderá estimular a inclusão dessa nova tecnologia no rol de produtos da empresa para outros clientes no futuro. Para o diretor científico da Fapesp, de fato, a expectativa é a de que as encomendas do Sirius sirvam como uma forma de estímulo para a empresa adquirir capacitação tecnológica e desenvolver novas competências e, talvez, novos mercados. Além disso, para o diretor do LNLS, a ideia subjacente à solicitação do encaminhamento desse plano de negócios foi a de que as demandas em torno do Sirius possam traduzir-se no início de uma nova era para a indústria de instrumentação científica no país.

Embora as demandas iniciadas pelo projeto Sirius perdurem ainda por muitas décadas, tendo em vista a expectativa mencionada pelo diretor do LNLS de que nos próximos 30 anos sejam construídas mais linhas de luz, a *expertise* construída hoje, baseada nas contratações para o Sirius, poderão levar essas empresas a atenderem as demandas de outros laboratórios nacionais e internacionais e empresas nos setores

22. O desafio 4 (Sensores Hidrostáticos de Nível e Inclinação) será atendido por duas empresas (Setup Automação Controle de Processos Ltda. EPP e Remisp Comércio e Serviços Ltda. ME); o desafio 7 (Cabanas Experimentais) será atendido por três empresas (RF Com. Sistemas Ltda., Duraferro Indústria Comércio Ltda. e Biotec Solução Ambiental Indústria e Comércio Ltda. ME) e o desafio 8 (Câmaras de Vácuo para Elementos Ópticos) será atendido por duas empresas (FCA Brasil Indústria, Comércio e Usinagem de Peças Ltda. EPP e Promac Equipamentos MS Ltda.).

aeroespacial, de óleo e gás entre outros, promovendo a constituição de uma nova carteira de desenvolvimento e produção de tecnologias que atualmente possui intenso componente de importação no país.

Trata-se, portanto, de uma estratégia de política de desenvolvimento industrial com foco na demanda por inovações, que tem como característica um perfil de encomenda do tipo “catalítica” (Edquist e Zabala-Iturriagagoitia, 2012), ou seja, da compra pública de tecnologias que têm potencial para promover o desenvolvimento de outras áreas e setores da economia nacional. Na visão do diretor do LNLS, o Brasil demandará cada vez mais esse tipo de empresa, em especial, fornecedores de tecnologias em manufatura avançada, geração de energia, biotecnologia, nanotecnologia etc., caso se repositone no sentido de investir mais pesadamente em infraestrutura de C&T.

Com base na experiência retratada nesta subseção, observa-se que as encomendas das tecnologias da fonte e das linhas de luz do Sirius deram origem a um inédito modelo de seleção de projetos de desenvolvimento tecnológico por meio do lançamento de desafios partindo-se da demanda do Estado. Nesse modelo, com vistas a poupar recursos orçamentários do CNPEM já comprometidos com outras encomendas do Sirius, foram utilizados recursos de agências de fomento, e o demandante acabou tendo o papel de acompanhar o desenvolvimento das tecnologias, suas entregas, bem como realizar os testes dos modelos. Além disso, o mecanismo de financiamento utilizado foi uma típica modalidade de fomento à inovação, a subvenção econômica, associando-se, portanto, uma política de inovação pelo lado da demanda, a compra pública de P&D, a uma tradicional política de oferta.

Foi possível observar que o modelo explorado nessa terceira encomenda global do projeto Sirius abriu caminhos para se pensar no estabelecimento de novos processos e, até mesmo, novas linhas de contratação de tecnologias de maior intensidade pelo lado da demanda pública no Brasil. Para o diretor científico da Fapesp, esse modelo bem-sucedido levou a agência a vislumbrar até mesmo uma possível expansão do programa Pipe, o que ele chamou de “Pipe estruturado”, que poderia ser um Pipe exclusivamente voltado ao financiamento de compras de P&D, sejam elas nacionais ou estrangeiras, públicas ou privadas.

Observa-se, assim, que as contratações no âmbito do projeto Sirius podem ter dado origem à inclusão definitiva das compras públicas de P&D na pauta das políticas de inovação no país, algo que pode ter ocorrido, especialmente, devido ao reconhecimento do potencial que ações desse tipo podem conferir à dinâmica socioeconômica nacional.

6 CONCLUSÕES

Conforme observado neste capítulo, o tamanho e o potencial do projeto Sirius são proporcionais aos desafios que se colocaram para a definição e a contratação da pesquisa, do desenvolvimento e da produção das tecnologias que o comporão.

Tendo em vista que muitas das tecnologias a serem contratadas não estavam prontamente disponíveis nas prateleiras das empresas fornecedoras, aos gestores do projeto, restou a utilização de uma prática muito comum em países com políticas de inovação mais maduras: a compra pública de inovação.

Em linhas gerais, em um processo de compra de inovação, ou encomenda tecnológica, o Estado está comprando o risco do desenvolvimento da tecnologia de que necessita para a solução de determinado problema de amplo impacto socioeconômico. Trata-se, assim, de um processo em que, após a definição do objeto da compra e da identificação prévia da capacidade industrial de produção, o Estado contrata a pesquisa e o desenvolvimento de dada tecnologia, com ou sem a perspectiva da compra subsequente ao modelo de teste (protótipo).

Não há de causar espanto, portanto, que mesmo assumindo a capacidade de escala do Estado para compras dessa espécie, um processo com essas prerrogativas seja extremamente complexo, sobretudo, em uma economia, como já mencionado, cujas políticas de inovação ainda carecem de amadurecimento.

Conforme análise apresentada neste capítulo, as encomendas tecnológicas do projeto Sirius tiveram como etapa inicial a definição técnica do objeto da contratação. Tal definição baseou-se, nos três processos analisados, em intenso diálogo entre os técnicos e engenheiros do CNPEM, as potenciais empresas fornecedoras, a comunidade acadêmica nacional e internacional (um importante e tradicional usuário do LNLS e da tecnologia de luz síncrotron) e representantes de laboratórios de luz síncrotron do exterior. Com vistas a fomentar esse diálogo, esforços foram constantemente dispendidos na organização de fóruns de discussão, como os *workshops* com representantes da indústria e da academia, em visitas técnicas a síncrotrons do exterior e em participações de pesquisadores do LNLS em congressos internacionais.

Conforme apontado pelo diretor do LNLS e pelo diretor científico da Fapesp em suas entrevistas, cabe ressaltar o papel, ainda que não oficial e inédito nas práticas de compras públicas nacionais, do pesquisador responsável por, a todo momento, servir de intermediador, senão tradutor, entre as demandas técnicas provenientes dos requisitos do projeto Sirius e as empresas fornecedoras. É importante que, em processos de compras públicas de P&D no Brasil, seja dado a esse pesquisador/técnico o respaldo e o caráter de profissionalização que uma atividade com esse perfil e relevância possui para a definição do objeto da compra.

Nesse processo de interação prévia entre pesquisadores, fornecedores e usuários para a definição do objeto das encomendas, foram identificados os principais desafios tecnológicos que uma obra de infraestrutura inédita como o Sirius trariam. Os desafios para a edificação e infraestrutura do Sirius diziam respeito à superação de problemas como a estabilidade do terreno, a manutenção da temperatura ambiente e o isolamento da radiação emitida pelo acelerador. Dessa forma, foram requeridos pesquisa e desenvolvimento voltados para a construção de um piso de concretagem especial, monolítico e mais espesso do que o tradicionalmente utilizado pela indústria da construção civil, de forma a garantir que o movimento realizado pelo anel de luz não alterasse o alinhamento de suas peças componentes, ameaçando seu bom funcionamento. Com vistas a garantir a mais baixa transmitância térmica possível, evitando eventuais dilatações de materiais e mantendo a temperatura interior do *hall* experimental em constante $0,5\text{ C}^{\circ}$, foi encomendado o desenvolvimento de uma cobertura especialmente customizada para o edifício. Além disso, no que diz respeito à emissão radiológica, paredes com espessura densa de concreto moldadas *in loco* foram encomendadas para garantir a blindagem dos aceleradores e das linhas de luz.

A definição do projeto da rede magnética também foi bastante desafiadora, tendo em vista ser a primeira vez que equipes se debruçavam na definição de estruturas de ímãs que garantissem o brilho e a emitância previstas para um anel de quarta geração. Tratava-se, portanto, de uma etapa-chave do projeto Sirius, atendida, após rodadas de conversas prévias com possíveis fornecedores nacionais, pela empresa WEG. Conforme mencionado, a capacitação dessa empresa na produção de motores elétricos fez dela uma candidata potencial a atender o desafio de desenvolver os ímãs do Sirius, uma vez que o princípio de funcionamento desses motores é semelhante ao de eletroímãs. O desafio tecnológico identificado, então, relacionava-se a garantir a precisão na produção do material magnético, bem como em seu empacotamento, evitando possíveis rebarbas ou arestas que pudessem reduzir a eficiência dos ímãs.

Finalmente, para a definição das encomendas para o desenvolvimento das demais tecnologias dos aceleradores e das linhas de luz foram necessários cerca de quatro anos, desde os primeiros contatos do LNLS com a Fapesp, nos quais a figura do pesquisador “tradutor” das demandas do Sirius às empresas foi fundamental durante todo o processo. Após essa definição, foi lançado o primeiro edital de seleção pública de propostas voltadas para a solução dos vinte desafios tecnológicos lançados às empresas, e, na sequência, o segundo edital, com treze desafios (quatro dos quais provenientes do edital anterior). Tais desafios tinham como ponto comum o desenvolvimento de tecnologias oriundas do segmento de instrumentação científica e da ciência de precisão, em suas mais diferentes áreas de aplicação dentro do projeto.

Observa-se que a definição das encomendas tecnológicas do projeto Sirius consistiu-se em um processo longo e bastante complexo, baseado na configuração de uma rede de interações prévias visando, por um lado, à definição dos requisitos técnicos, e, por outro, à identificação da capacidade de desenvolvimento da indústria nacional. Essa etapa mostrou-se imprescindível ao subsequente processo de contratação das tecnologias.

As contratações das tecnologias para a construção do Sirius basearam-se em três processos de compras globais de inovação utilizando-se dois modelos de contratação: a contratação direta pelo CNPEM das obras civis e dos ímãs, utilizando-se dos recursos orçamentários provenientes do contrato de gestão com o MCTIC; e a contratação indireta dos modelos das demais tecnologias, baseada no processo de seleção pública utilizando-se recursos de fomento das agências Fapesp e Finep, na qual ao CNPEM coube a função de acompanhar o desenvolvimento e a entrega das tecnologias e realizar os testes.

No que diz respeito aos processos de seleção de fornecedores, na contratação das obras civis, o CNPEM amparou-se no processo de seleção de fornecedores via modalidade “avaliação competitiva”. Conforme analisado, essa modalidade é aplicada à aquisição de bens ou serviços superiores a R\$ 50 mil e iniciada a partir da divulgação do objeto da encomenda pelo CNPEM. Após o recebimento de 16 propostas iniciais, foi selecionada, pela comissão de avaliação de propostas e com base em critérios como melhores técnicas e preço, a empresa Racional Engenharia.

A segunda encomenda global de contratação do desenvolvimento da rede magnética também foi realizada diretamente pelo CNPEM, mas, diferentemente do processo de seleção aplicado na encomenda das obras civis, baseou-se nos critérios de exceção de seleção de fornecedores também previsto em seu regulamento de compras, como especificidade/exclusividade do objeto da compra, ausência de competição, aquisição de bens e insumos para atividades científicas e tecnológicas e fornecimento de bens e serviços de alta complexidade tecnológica.

Em um primeiro momento, pode-se imaginar que devido à natureza jurídica privada do CNPEM seus processos de contratações direta de P&D poderiam apresentar maior flexibilidade e agilidade, especialmente em comparação a processos de seleção públicos. No entanto, a análise da legislação das organizações sociais apresentada neste capítulo mostrou que os princípios norteadores do processo de compra pública, devem ser os mesmos que amparam processos de compras de OSs, justamente pelo fato de o orçamento de OSs ser proveniente de contratos de gestão com o Poder Público.

Dessa forma, quer seja em órgãos da administração pública, quer seja em OSs, processos de contratações devem estar baseados, sobretudo, na publicidade do objeto da compra, na garantia da isonomia entre os competidores e na seleção

da proposta que garanta o melhor preço, salvo em casos de dispensa, como os de compra de P&D previstos na legislação pública ou em regulamentos próprios das OSs, conforme visto no caso da encomenda dos ímãs.

De fato, seja com base na aplicação do processo de seleção via avaliação competitiva, que se baseia nas mesmas premissas da licitação pública, seja com base na exceção de seleção de fornecedores para aquisição dos ímãs, semelhante aos processos de dispensa e inexigibilidade de licitação pública, a análise das contratações de P&D do CNPEM realizadas no âmbito do projeto Sirius mostraram que tais processos de compra de P&D são viáveis para órgãos públicos. É importante, portanto, que seja estabelecida uma agenda futura de investigação voltada para a análise das razões da subutilização desses mecanismos enquanto importantes processos inerentes a uma política pública indutora de inovações, bem como da compreensão da segurança jurídica para a aplicação das possibilidades de dispensa ou inexigibilidade de seleção pública para compras de P&D no Brasil.

Conforme analisado, a terceira encomenda global apresentada não foi contratada diretamente pelo CNPEM, com o objetivo de poupar o orçamento da instituição já comprometido com as outras partes da construção do Sirius. Assim, visando não impactar o cronograma do projeto, a solução encontrada pelos gestores do projeto no CNPEM foi utilizar recursos de outras fontes, como as agências de fomento Finep e Fapesp, para a contratação do desenvolvimento das soluções para as demais demandas tecnológicas do projeto. Com isso, em vez de optar pelo modelo de encomenda direta, como nos casos da obra civil e dos ímãs, foi realizado um processo de seleção pública baseada em um típico mecanismo de fomento à atividade de P&D, a subvenção econômica. Assim, no terceiro caso de encomendas globais do projeto Sirius, o contrato com os fornecedores foi firmado com Finep/Fapesp, e ao CNPEM coube o papel de acompanhar o desenvolvimento e a entrega dessas encomendas, conforme mencionado.

Esse caso mostrou que um aspecto importante em processos de compras de P&D, nos quais a execução dos projetos tende a ser mais longa, diz respeito ao cumprimento do cronograma face à previsibilidade orçamentária das instituições que utilizam recursos provenientes do Poder Público. Devido ao fato de a maior parte do orçamento do CNPEM ser proveniente de contrato de gestão firmado com o MCTIC, e os termos aditivos desse contrato serem definidos anualmente tendo como base o processo de definição do PLOA (Projeto de Lei Orçamentária do governo federal), corre-se o risco de haver volatilidade ou, até mesmo, contingenciamentos nos recursos previstos.

Assim, uma obra de infraestrutura da magnitude e complexidade do Sirius, a ser concluída em médio prazo, passará muitas vezes pelas oscilações de previsão orçamentária a que estão submetidos os órgãos vinculados ao orçamento público

federal. Essa situação é extremamente arriscada e tampouco desejável para os rumos de atividades científica e tecnológica que, assim como ocorre nas maiores economias do mundo, devem ser consideradas estratégicas e prioritárias nas agendas de política industrial e de inovação do país.

Apesar de ter se mostrado uma solução engenhosa e efetiva no caso das encomendas dos aceleradores e linhas de luz, especialmente com vistas a não comprometer o cronograma do projeto, o modelo de contratação baseado em seleção pública utilizando recursos de agências de fomento traz questões que precisam ser melhor equacionadas em futuras contratações de P&D no Brasil. Entre elas, destacam-se os critérios de regionalização de agências de fomento (restritos ao financiamento de empresas sediadas em seus próprios estados) e a morosidade desse tipo de seleção pública.

Devido ao fato de que 50% dos recursos orçamentários do edital de seleção da terceira encomenda global eram provenientes da Fapesp, foi estabelecido o condicionante de que apenas empresas paulistas pudessem participar da seleção. Com isso, empresas com potencial competitivo de outras unidades da federação não puderam candidatar-se, fato que impôs uma restrição ao leque de potenciais propostas inovadoras em resposta aos desafios colocados, bem como à possibilidade de desenvolvimento de empresas inovadoras de outras regiões do país.

Outra questão a ser analisada é a de que editais de seleção pública estão baseados no cumprimento de um número extenso de passos e de verificações excessivas para seleção e contratação de empresas que, além de não garantir celeridade ao processo de aquisição, podendo levar ao risco de atrasar o cronograma de obras complexas, tendem a ter menos empresas interessadas em participar, em especial, grandes empresas, fato esse destacado pelos próprios entrevistados da empresa WEG.

Em relação a um possível comprometimento do cronograma do projeto, a análise da terceira encomenda global mostrou que, devido ao fato de alguns dos desafios não terem sido contemplados durante o processo de seleção do primeiro edital, houve a necessidade de internalização do desenvolvimento de parte dessas tecnologias pelo CNPEM, tendo que ser necessário novamente utilizar os recursos orçamentários da própria instituição para tanto.

Em contrapartida, a experiência desse terceiro caso de encomendas do projeto Sirius mostrou que o modelo pode ser bastante interessante para identificar boas rotas de pesquisa científica e tecnológica em direção à solução de um mesmo problema apresentado. De fato, entre o primeiro e o segundo edital de seleção, cinco desafios receberam propostas de mais de uma empresa diferente, o que significa que editais de seleção na modalidade subvenção podem traduzir-se em uma política de inovação estratégica com vistas a dinamizar setores industriais selecionados,

tendo em vista a possibilidade de promoverem uma duplicidade de esforços entre empresas concorrentes em direção às melhores soluções para os desafios lançados.

No que tange aos impactos da compra pública de P&D em empresas fornecedoras, de modo geral, foi identificado que esse tipo de contratação tem a capacidade de direcionar as trajetórias de investimento em pesquisa, desenvolvimento e produção das empresas, ampliando seu leque de capacitações e levando à internalização de novas competências, além de novas áreas de negócios. Conforme analisado, o atendimento aos desafios para a construção do Sirius nas três encomendas globais levou as empresas a desenvolverem tecnologias que ainda não faziam parte de seus portfólios de produtos, mas para os quais já encontravam-se aptas.

Tal situação reflete a capacidade inovativa potencial existente no parque industrial brasileiro e a possibilidade que políticas de inovação pelo lado da demanda têm para despertá-las, bem como para, no caso específico do Sirius, estabelecer um novo segmento da indústria nacional voltado para o fornecimento de materiais de instrumentação científica a setores na fronteira do conhecimento, garantindo a consolidação de uma nova capacidade competitiva nacional, bem como sua inserção em cadeias produtivas globais de valor.

Ademais, as três encomendas globais do projeto Sirius apresentadas neste capítulo retratam o pioneirismo desse modelo de contratação que, além de possuir interessantes margens para aprimoramentos, poderá servir como importante *benchmark* para os futuros processos de compras públicas de P&D nacionais.

REFERÊNCIAS

ABTLUS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE LUZ SÍNCROTRON. **Plano diretor da Associação Brasileira de Tecnologia de Luz Síncrotron, 2006-2009**. Campinas, 2006. Disponível em: <goo.gl/W7Zfa1>. Acesso em: 19 maio 2015.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1988.

_____. Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1993.

_____. Lei nº 9.637, de 15 de maio de 1998. Dispõe sobre a qualificação de entidades como organizações sociais, a criação do Programa Nacional de Publicização, a extinção dos órgãos e entidades que menciona e a absorção de suas atividades por organizações sociais, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1998.

_____. Lei nº 10.520, de 17 de julho de 2002. Institui, no âmbito da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, nos termos do art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, modalidade de licitação denominada pregão, para aquisição de bens e serviços comuns, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2002.

_____. Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2004.

_____. Decreto nº 5.563, de 11 de outubro de 2005. Regulamenta a Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, que dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2005.

_____. Lei nº 11.540, de 12 de novembro de 2007. Dispõe sobre o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FNDCT; altera o Decreto-Lei nº 719, de 31 de julho de 1969; e a Lei nº 9.478, de 06 de agosto de 1997; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2007.

_____. Lei nº 12.349, de 15 de dezembro de 2010. Altera as Leis nºs 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.958, de 20 de dezembro de 1994, e 10.973, de 2 de dezembro de 2004; e revoga o § 1º do art. 2º da Lei nº 11.273, de 6 de fevereiro de 2006. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2010.

_____. Lei nº 12.462, de 4 de agosto de 2011. Institui o Regime Diferenciado de Contratações Públicas – RDC; altera a Lei nº 10.683, de 28 de maio de 2003, que dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios, a legislação da Agência Nacional de Aviação Civil (Anac) e a legislação da Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero); cria a Secretaria de Aviação Civil, cargos de Ministro de Estado, cargos em comissão e cargos de Controlador de Tráfego Aéreo; autoriza a contratação de controladores de tráfego aéreo temporários; altera as Leis nºs 11.182, de 27 de setembro de 2005, 5.862, de 12 de dezembro de 1972, 8.399, de 7 de janeiro de 1992, 11.526, de 4 de outubro de 2007, 11.458, de 19 de março de 2007, e 12.350, de 20 de dezembro de 2010, e a Medida Provisória no 2.185-35, de 24 de agosto de 2001; e revoga dispositivos da Lei nº 9.649, de 27 de maio de 1998. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2011.

_____. Lei nº 12.593, de 18 de janeiro de 2012. Institui o Plano Plurianual da União para o período de 2012 a 2015. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2012.

_____. Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016. Dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação e altera a Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, a Lei nº 6.815, de 19 de agosto de 1980, a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, a Lei nº 12.462,

de 4 de agosto de 2011, a Lei nº 8.745, de 9 de dezembro de 1993, a Lei nº 8.958, de 20 de dezembro de 1994, a Lei nº 8.010, de 29 de março de 1990, a Lei nº 8.032, de 12 de abril de 1990, e a Lei nº 12.772, de 28 de dezembro de 2012, nos termos da Emenda Constitucional nº 85, de 26 de fevereiro de 2015. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2016.

CNPEM – CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS. **Projeto Sirius** – a nova fonte de luz síncrotron brasileira. Campinas, out. 2014a. Disponível em: <goo.gl/ULQimL>. Acesso em: 19 maio 2015.

_____. **Regulamento de contratação de obras, serviços, compras e alienações do CNPEM**. Aprovado na 7 reunião do Conselho de Administração do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais. Jun. 2014b. Disponível em: <goo.gl/H6B6I6>.

_____. **Relatório Anual – 2015**. Disponível em: <goo.gl/yrU0It>. Acesso em: 31 jun. 2016.

EDQUIST, C.; ZABALA-ITURRIAGAGOITIA, J. Public Procurement for Innovation as mission-oriented innovation policy. **Research Policy**, v. 41, p. 1.757-1.769, 2012.

GRANDES CONSTRUÇÕES. **Engenharia é a estrela do projeto Sirius**, edição n. 56, 19 de fevereiro de 2015. Disponível em: <goo.gl/UcHVKI>. Acesso em: 31 de jun. 2016.

MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES. **Contrato de Gestão 2010-2016**. Contrato de Gestão que entre si celebram a União, por intermédio do Ministério da Ciência e Tecnologia, e a Associação Brasileira de Tecnologia de Luz Síncrotron. Brasília: MCTI, set. 2010. Disponível em: <goo.gl/YO2YJ3>. Acesso em: 19 maio 2015.

_____. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012 – 2015**. Brasília: MCTI, 2012. Disponível em: <goo.gl/TekKmm>. Acesso em: 19 maio 2015.

RAUEN, A. T. Compras públicas de P&P no Brasil: o uso do artigo 20 da Lei de Inovação. **Radar** – Tecnologia, Produção e Comércio Exterior, n. 40, p. 7-17, ago. 2015.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

EDQUIST, C.; HOMMEN, L.; TSIPOURI, L. (Eds.). **Public technology procurement and innovation**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2000.

ANEXO A

QUADRO A.1

Lista dos desafios da primeira Chamada Sirius

Seleção Pública Fapesp e MCTI/FINEP/FNDCT – Propostas Para Inovação (PAPPE/PIPE III 2014)	
Lista de desafios tecnológicos	
Tipo	Demanda estimada
1. Fabricação de câmaras para ultra alto vácuo	400 câmaras de ultra-alto vácuo para o sistema injetor e 80 câmaras para todas as linhas de luz.
2. Monitores Fluorescentes	50 unidades.
3. Berços	80 unidades de 2,5 m; 20 unidades de 2,0 m; 60 unidades de 1,2 m; 20 unidades de 1,8 m; 40 unidades de 1,0 m.
4. Sistema Criogênico	O sistema deverá ser dimensionado para atender uma demanda de 2000 litros/dia, sendo 500 litros para o monocromador da estação experimental XDS, e os 500 litros restantes para os futuros monocromadores em desenvolvimento que serão utilizados no Sirius.
5. Fabricação, Montagem e Teste das Placas Eletrônicas (Front End, FMC e Back End)	300 unidades de cada um dos modelos.
6. Eletrônica dos Detectores de Posição de Fótons	50 unidades.
7. Fontes de Corrente de Alta Potência	Entre 22 e 30 unidades.
8. Módulos de Regulação Digital de Fonte	1.200 unidades.
9. Dispositivo de Microfocalização	Nd
10. Sistema de Focalização Kirkpatrick Baez	Nd
11. Cerâmica dos BPM's (Beam Position Monitor)	1.500 unidades de cada elemento de medida.
12. Detectores de Raio X	Entre 20 e 100 unidades iniciais.
13. Gamma Shutter	20 unidades.
14. Photon Shutter	20 unidades.
15. Banhos Térmicos	50 unidades.
16. Hutch – Cabanas Experimentais	13 conjuntos com 2 ou 3 cabanas.
17. Desenvolvimento de Estágios Mecânicos de Precisão	300 estágios, de diferentes características.
18. Bases mecânicas ultraestáveis	100 bases para o total das 13 linhas de luz da primeira fase do Projeto Sirius.
19. Módulos de Fendas	30 unidades do módulo do tipo 3.A e 15 unidades do módulo do tipo 3.B.
20. Sistema de Guias de Onda	Nd

Fonte: goo.gl/ZOP8FV.

ANEXO B

QUADRO B.1

Pesquisadores e respectivas empresas selecionadas na primeira Chamada Sirius

	Pesquisador/empresa	Projeto
1	Cesar Celeste Ghizoni/ Empresa: Equatorial Sistemas S.A.	Monitores fluorescentes de feixe de elétrons.
2	Cicero Livio Omega de Souza Filho/ Empresa: Luxtec Sistemas Opticos Ltda.	Projeto, desenvolvimento e fabricação de protótipos de componentes para microfocalização de raios X por reflexão externa total, mono e multifilamentares para linhas de aceleradores Síncrotron.
3	Eduardo Rodrigues de Carvalho/ Empresa: Omnisys Engenharia Ltda.	Módulos de regulação digital de fonte.
4	Fabio Haruo Fukuda/ Empresa: Atmos Sistemas Ltda.	Desenvolvimento final de Dispositivo Eletrônico para Medida de Posição de Feixe de Elétrons (EBPM) para fonte de Luz Síncrotron do Projeto Sirius.
5	Fernando Jose Arroyo/ Empresa: FCA Brasil Indústria Comércio Usinagem Peças Ltda.	Pesquisa e desenvolvimento de câmaras especiais de inox para ultra-alto vácuo do projeto.
6	Fernando Souza de Andrade/ Empresa: Macnica DHW Ltda.	Módulos de regulação digital de fonte.
7	Humberto Pontes Cardoso/ Empresa: Equatorial Sistemas S.A.	Bloqueador de fótons.
8	Rafael Alves de Souza Ribeiro/ Empresa: Opto Eletrônica S.A.	Desenvolvimento de processos de fabricação e caracterização de componentes ópticos de altíssima qualidade para aplicação em sistemas de focalização de Luz Síncrotron do Tipo Kirkpatrick-Baez.
9	Rodrigo Gonzalez Modugno/ Empresa: Omnisys Engenharia Ltda.	Eletrônica dos detectores de posição de fótons (Sirius).
10	Sergio Forcellini/ Empresa: Omnisys Engenharia Ltda.	Fabricação, montagem e testes das placas eletrônicas (Front End, FMC e Back End).
11	Sidney Luiz Alessi Carrara/ Empresa: Equatorial Sistemas S.A.	Detectores de raios X: integração de sistemas medipix de grande área para o Sirius.
12	Tatiani Falvo/ Empresa: Engecer Ltda.	Desenvolvimento do processo de produção de cerâmicas covalentes (nitreto de boro hexagonal e nitreto de alumínio) por prensagem e quente (isostática e uniaxial).
13	Walter Alexandre Blois/ Empresa: Omnisys Engenharia Ltda.	Fontes de corrente de alta potência – fase 2.

Fonte: <goo.gl/fWalyc>.

ANEXO C**QUADRO C.1****Lista dos desafios da segunda Chamada Sirius**

Seleção Pública Fapesp e MCTI/FINEP/FNDCT – Propostas para Inovação (Pappe/Pipe III 2015)	
Lista de desafios tecnológicos	
Tipo	Demanda estimada
1. Trem de monitoramento de túnel	Nd
2. Robô comandado por laser tracker	1 unidade.
3. Passarela sobre o anel	Nd
4. Sensores hidrostáticos de nível e inclinação	200 unidades.
5. Banhos térmicos	50 unidades.
6. Impressora 3D – manufatura aditiva	200 unidades.
7. Cabanas experimentais	Nd
8. Câmaras de vácuo para elementos ópticos	80 unidades.
9. Estágios mecânicos de precisão	300 itens.
10. Bases mecânicas ultra estáveis	Entre 5 e 20 elementos.
11. Sistema de baking modular para câmaras de vácuo	Em torno de 20 estufas de diversos modelos.
12. Controlador e driver para motor	1.000 eixos.
13. Mecânica do núcleo de ondulator universal	Nd

Fonte: <goo.gl/nqDjUS>.

ANEXO D

QUADRO D.1

Pesquisadores e respectivas empresas selecionadas na segunda Chamada Sirius

	Pesquisador/empresa	Projeto
1	Enrique de Paula/empresa: Setup automação controle de processos Ltda. EPP	Robô de utilidades teleguiado por <i>laser tracker</i> ou outros recursos de posicionamento automático.
2	Juliana da Silva e Sousa Heinrich/empresa: Setup automação controle de processos Ltda. EPP	Desenvolvimento de um sistema de telemetria que opere em veículo autônomo multimodal não tripulado para inspeções de alta eficiência em ambientes inóspitos.
3	William Robert Heinrich/empresa: Setup automação controle de processos Ltda. EPP	Sensor hidrostático com três graus de liberdade para medição de nível e inclinação de água de alta precisão.
4	Flavio de Castro Alves Filho/empresa: PHI Innovations Sistemas Eletrônicos Ltda.	Controlador e <i>driver</i> para motor.
5	Paulo Cesar Ceragioli/empresa: RF Com. Sistemas Ltda.	Cabanas experimentais e óticas de blindagem radiológica para o projeto Sirius.
6	Spencer Roney Ragazzo/empresa: Promac Equipamentos MS Ltda.	Desenvolvimento de passarela inovadora por meio de otimização topológica com restrição de frequência em diferentes materiais.
7	Alexandre Donisete Bensi/empresa: Tecnal Indústria Comércio Importação Exportação Equipa. Laboratórios	Pesquisa, desenvolvimento e validação de um banho termostaticado inovador produzido no Brasil.
8	Artur Domingues Tavares/empresa: FCA Brasil Indústria, Comércio e Usinagem de Peças Ltda. EPP	Desenvolvimento de câmaras de ultra vácuo em alumínio para elementos ópticos das linhas de luz do Sirius.
9	Diego Roberto Dias da Cruz/empresa: Promac Equipamentos MS Ltda.	Desenvolvimento de processos de fabricação e soldagem das câmaras de ultra-alto vácuo para elementos óticos do projeto Sirius.
10	José Claudio Tonin/empresa: Duraferro Indústria Comércio Ltda.	Desenvolvimento de cabanas de proteção radiológica para operação nas linhas de processamento experimental da fonte de luz síncrotron Sirius.
11	José Luis de Llamas/empresa: Remisp Comércio e Serviços Ltda. ME	Desenvolvimento de sensores hidrostáticos de nível e inclinação integrados de alta precisão.
12	Luciano Foianesi/empresa: Biotec Solução Ambiental Industria e Comércio Ltda. ME	Desenvolvimento de cabanas experimentais para proteção radiológica (hutches) para nova fonte de luz síncrotron do projeto Sirius (linha EMA), com fabricação, montagem e testes de um protótipo.
13	Marco Antonio Barboza/empresa: Marco Antonio Barboza ME	Sistema de <i>baking</i> modular para câmaras de vácuo e outras aplicações correlatas.
14	Nilton Dias Borrego/empresa: Wisersoft Tecnologia em Sistemas Ltda. ME	Desenvolvimento do trem de monitoramento de túnel.
15	Paulo Augusto de Toledo Pacheco/empresa: Tecno-How Eng. Industrial e Comércio Ltda.	Desenvolvimento de processo e teste de conceito aplicando manufatura aditiva e tecnologias adicionais para fabricação de soluções inovadoras e funcionais para linhas ultra-alto.

Fonte: goo.gl/Vq9U9N.